



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente
Mestrado em Engenharia Ambiental

**SISTEMAS DE RETENÇÃO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS O CASO
DAS PEQUENAS E MÉDIAS INDÚSTRIAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS**

Cynthia Mossé Alhadef

Orientador: Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos
Co-orientador: Júlio Domingos Nunes Fortes

Rio de Janeiro
2002

ALHADEFF, CYNTHIA MOSSÉ

Sistemas de Retenção de Contaminantes Atmosféricos – O Caso das Pequenas Indústrias de Baterias Chumbo-Ácidas [Rio de Janeiro] 2002.

xiii, 146 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, M.Sc. Mestrado em Engenharia Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial, 2002)

Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

1. Poluição Atmosférica
 2. Saúde Pública
 3. Filtros
 4. Emissões Residuais
 5. Chumbo
 6. Baterias Chumbo-ácidas
- I. FEN/UERJ II. Título (série)

SISTEMAS DE RETENÇÃO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS - O CASO DAS PEQUENAS E MÉDIAS INDÚSTRIAS DE BATERIAS CHUMBO-ÁCIDAS

Cynthia Mossé Alhadeff

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada por:

Prof. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, D. Sc. - Presidente
PEAMB/UERJ

Prof. Elmo Rodrigues da Silva, D. Sc.
PEAMB/UERJ

Prof. Josino Costa Moreira, Ph.D.
ENSP/FIOCRUZ

Rio de Janeiro
2002

AGRADECIMENTOS

Na realização deste trabalho contei com varias formas de colaboração e apoio, todas com grande significado, assim faço desta página uma referencia pessoal de reconhecimento e agradecimentos.

Gostaria de agradecer a meus pais, Vida e Victor, e a minha irmã Eliana, pelo apoio fundamental, sempre com dedicação, carinho e incentivo, além da colaboração técnica de meu pai e minha irmã enquanto especialistas em áreas afins.

Certamente a compreensão de meus filhos, Vivian e Guilherme, por diversos momentos em que minha dedicação voltava-se para o estudo e pesquisa também foi de grande valia e aprendizado.

Aos meus orientadores, Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos e Júlio Domingos Nunes Fortes, agradeço pela orientação, dedicação, e por todo incentivo dado nos momentos apropriados além da confiança que depositaram no meu trabalho.

Agradeço também ao corpo docente do Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia Ambiental - DESMA / FEUERJ / UERJ , por terem ampliado os caminhos de meu aprendizado nas questões ambientais.

Ao Eng^o Evandro Rodrigues de Albuquerque, que sempre me apoiou, incentivou e dedicou confiança, assim como a equipe do AMRJ-442, e a gerência de Recursos Humanos da empresa EMGEPRON na pessoa de Eliane de Oliveira, que compreenderam a razão de meus esforços para a realização deste trabalho. Também agradeço aos que atenderam as solicitações para informações e visitas técnicas, como a atenção dada pela TROX do Brasil.

Faço um especial agradecimento ao corpo técnico do DESSAUDE -UERJ, de onde partiram os incentivos que me influenciaram nesta empreitada, sempre dispostos a colaborar, com atenção especial a Eng^a M^a Celina Muniz Barreto, Eng^a Adriana Fernandes de Mello, Enf^a Eliane Villas Boas F. Penteado, Enf^o Marcelo Valice de Almeida, Eng^a Lúcia Helena da R. Ferreira e todo o corpo técnico do DISET-UERJ.

Entretanto, não posso deixar de agradecer as importantes contribuições de pessoas como Dr^a. Claudia Burlá, Carlos André Oighenstein, Fabiani Li R de Almeida, Liliane Savaget, Sandra Araújo Santos, Paulo Cesar G. C. Lima, Raquel e Eurico Muricy, entre outros que, como profissionais e amigos, de alguma forma colaboraram e me apoiaram ao longo deste trabalho.

RESUMO

SISTEMAS DE RETENÇÃO DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS O CASO DAS PEQUENAS E MÉDIAS INDÚSTRIAS DE BATERIAS CHUMBO ÁCIDAS

A atenção deste estudo é dirigida às fontes antropogênicas reconhecidas como principais responsáveis pelas emissões que causam poluição atmosférica, e à importância de implementar meios que retenham estes poluentes. Utilizou-se uma abordagem caracterizando a poluição e seus efeitos na saúde humana, destacando a saúde do trabalhador e o papel das pequenas indústrias na produção nacional, para compreender a necessidade do estabelecimento de métodos de controle, com base em análises, limites de tolerância, normas e legislações, incluindo-se alguns acordos internacionais visando ao desenvolvimento sustentável. Com o objetivo da preservação ambiental, o presente estudo visou a demanda de soluções de engenharia para eliminação das emissões nocivas à saúde humana e ao meio ambiente, realizando o levantamento dos diversos sistemas de retenção de poluentes (filtros) com suas principais características, e construindo uma tabela com os dados para a identificação das aplicações destes sistemas. As pequenas indústrias de reciclagem de baterias chumbo ácidas foram escolhidas para um estudo de caso e, através de uma análise das condições encontradas e informações levantadas, alcançar como resultado para este trabalho a recomendação do sistema mais adequado de retenção de poluentes (precipitadores eletrostáticos), bem como sua viabilidade. Este estudo foi enriquecido com exemplos de práticas realizadas na investigação de contaminação por chumbo, da divulgação dos casos de contaminação ocorridos, além da recente elaboração de diretrizes técnicas internacionais para reciclagem de baterias.

Palavras-chave: meio ambiente, poluição atmosférica, saúde pública, filtros, emissões residuais, chumbo e baterias chumbo-ácidas.

ABSTRACT

ATMOSPHERE CONTROL OF POLLUTANT SYSTEMS THE ESSUE OF THE LEAD-ACID BATTERY INDUSTRIES (SMALL AND MEDIUM)

This study focuses anthropogenic sources, the main responsible for causing air pollution, and the importance of implementing means to control such pollutants. The addressed theme was the effect of pollution on human health, especially on the health of workers. The role of small industries in the national industrial production was also addressed, so that the need for establishing control methods based on analyses, tolerance range, and rules and legislation, including some international agreements, to foster sustainable development could be fully understood. Tackling environmental preservation, this study included engineering solutions to prevent emissions hazardous to human health and the environment, by assessing the different pollutant control systems (filters) and their main features, and by building a table with data for identifying and applying such systems. Small lead-acid battery industries were selected for a case study. The assessment of the collected information and the conditions found has allowed a recommendation for the best-suited pollution-control system (electrostatic precipitator) and its implementation feasibility. This study was enriched with examples of lead-contamination cases occurred and how they were handled, and also by including the recent international guidelines for recycling batteries.

Key words: environment, air pollution, public health, filters, residual emissions, lead, lead-acid batteries.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1 A questão	01
1.1.1 Caracterização da Questão na História Moderna	02
1.1.2 Desenvolvimento Sustentável	03
1.1.3 Colocação do Problema	04
1.2 Objetivos	05
1.3 Metodologia	05
1.4 Importância	06
1.5 Aplicação	06
1.6 Apresentação	06
2. QUALIDADE DO AR	09
2.1 Poluição Atmosférica	09
2.1.1 O Conceito de Poluição	09
2.1.2 A Poluição Atmosférica	09
2.1.3 Características Ambientais da Atmosfera e Suas Conseqüências ao Ambiente	11
2.2 Efeitos na Saúde	18
2.2.1 Os Efeitos Ambientais sobre a Saúde do Homem	18
2.2.2 Efeitos Fisiológicos dos Poluentes-Contaminantes	18
2.2.3 Efeitos sobre o Sistema Respiratório	20
2.2.4 Identificação das Relações do Nexo Causal com o Processo de Trabalho	22
2.2.5 Limites de Tolerância	22
2.2.6 O Chumbo como Contaminante	23
2.3 Formas de avaliação	31
2.3.1 Métodos de Análise de Gases na Atmosfera	32
2.3.2 Aspectos Físico-Químicos	33
2.3.3 Métodos de Análise	34
2.3.4 Métodos de Amostragem	34
2.3.5 Principais Técnicas Utilizadas para Análises de Poluentes	38
2.3.6 Como São Estabelecidos os Limites de Tolerância	40
2.4 Normas e legislações	43
3. MEDIDAS DE PREVENÇÃO AOS RISCOS	50
3.1 A Saúde do Homem Inserido no Processo Produtivo	50
3.2 Atual Relação da Saúde do Trabalhador e o Poder do Estado no Brasil	50

3.2.1	Breve Histórico das Relações entre o Empresário, o Trabalhador e a Saúde	51
3.2.2	Ações do Estado Brasileiro na Relação da Saúde com o Trabalho	54
3.2.3	A Relação Atual das Empresas de Pequeno e Médio Portes e o Trabalhador	55
3.3	Identificação das Micro e Empresas de Pequeno Porte	57
3.4	A Responsabilidade na Ocorrência de Eventos na Saúde do Trabalhador	59
3.5	Medidas Preventivas	61
4.	SISTEMAS DE RETENÇÃO DE POLUENTES	63
4.1	Estratégia para Coleta de Dados	64
4.2	Processos Físicos / Químicos Utilizados na Retenção de Poluentes	65
4.3	Principais Considerações sobre os Sistemas de Retenção	66
4.3.1	Coletores de Poeiras / Partículas	66
4.3.1.1	Câmaras Gravitacionais, Coletores Gravitacionais ou de Impactação	66
4.3.1.2	Ciclones ou coletores centrífugos	67
4.3.1.3	Filtros-Tecido; Fibras Naturais ou Artificiais; Metálicos e/ou Papel	71
4.3.1.4	Precipitadores eletrostáticos	87
4.3.2	Lavadores de Gases e Vapores	91
4.3.2.1	Processos de Controle de Gases e Vapores por Condensação	91
4.3.2.2	Processos de Controle de Gases e Vapores por Adsorção	92
4.3.2.3	Processos de Controle de Gases e Vapores por Absorção	96
4.3.3	Processos de Controle de Gases e Vapores por Combustão	101
4.4	Tabela de Identificação de Sistemas de Retenção de Poluentes	104
5	INDÚSTRIA DE BATERIAS	113
5.1	Baterias Chumbo-Ácidas	113
5.1.1	Breve Histórico	113
5.1.2	Como é Constituída a Bateria de Chumbo	114
5.2	Caracterização do Segmento Industrial de Baterias	116
5.3	Processo de Trabalho	116
5.3.1	Processo de Produção / Trabalho nas Fábricas de Baterias	118
5.4	Diretrizes Técnicas Internacionais para Reciclagem de Baterias	121
5.4.1	Medidas Aprovadas para Tornar a Reciclagem de Baterias Mais Seguras	122
5.5	Sistema de Retenção a ser Recomendado para a Indústria de Reciclagem de Baterias	131

CONCLUSÕES

136

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

139

- ANEXO I •Tabela 4 – Valores Limites Máximos para Poeiras, Fumaças e Neblinas Tóxicas – ACGIH.
- Tabela 5 – Órgãos Afetados, Doenças e Outros Males Causados por Alguns Produtos Químicos Largamente Fabricados e Empregados.
- Tabela 6 – Concentrações Consideradas como Fatais ao Homem
- ANEXO II •Técnicas de Análises para Procedimentos de Amostragem e Análises
- ANEXO III •Relação dos Fabricantes de Instrumentos para Detecção, Amostragem e Análise de Poluentes no Ambiente.
- ANEXO IV •Resumo da Lista de Doenças Relacionadas com o Trabalho Elaborada pelo SUS.
- ANEXO V •Estatísticas Atuais de Acidente de Trabalho no Brasil – MTbE.
- ANEXO VI •Gráficos da Relação do Diâmetro das Partículas e os Sistemas de Retenção
- ANEXO VII •Principais Características, Vantagens e Desvantagens dos Sistemas de Retenção de Poluentes
- ANEXO VIII •Relação dos Fabricantes / Fornecedores de Sistemas de Retenção de Poluentes
- ANEXO IX •Exemplos de Práticas de Investigação do Chumbo na Atmosfera
- Acidentes (recentemente divulgado)

LISTA DE FIGURAS

1. Medidas de Prevenção Coletiva com Sistema de Retenção	62
2. Câmara Gravitacional	66
3. Câmara Gravitacional com Anteparo	67
4. Ciclones	67
5. Ciclone – vista e corte	68
6. Ciclones Múltiplos	70
7. Filtro de Manga	76
8. Filtro de Manga – “ <i>baghouse</i> ”	77
9. Filtro de Manga – método de limpeza dos filtros	80
10. Precipitador Eletrostático / Precipitador de Dois Estágios	90
11. Torre de Bandeja – “ <i>bubble-cap</i> ”	97
12. Torre de Enchimento	99
13. Lavador Venturi	101
14. Combustão Térmica	103
15. Combustão Catalítica	104
16. Esquema de Funcionamento de uma Bateria Chumbo-Ácida	115

LISTA DE QUADROS

1. Fontes de Aerossóis e Gases Atmosféricos Inorgânicos	03
2. Principais Fontes de Poluição e Poluentes Encontrados na Atmosfera	05
3. Poluentes Gasosos Mais Frequentes e As Fontes Respectives de Geração	06
4. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar Atmosférico	07
5. Padrões Qualidade do Ar – Estado do Rio de Janeiro	08
6. Poluentes Mais Frequentes, Suas Fontes e Impactos	09
7. Classificação Clínica de Doenças Ocupacionais Pulmonares	13
8. Sinais dos Efeitos do Chumbo no Organismo Humano	30
9. Características de Alguns Compostos Gasosos	34
10. Métodos Usualmente Implementados para Análise de Poluentes	39

LISTA DE TABELAS

1. Emissão Estimada de Metais para a Atmosfera Geradas por Fontes Naturais e Antropogênicas (X 1000 Ton/Ano)	04
2. Características do Ar Seco e Úmido em Condições Normais (Isentos de Poluição)	07
3. Parâmetros de Inalação de Poeiras	13
4. Valores Limites Máximos de Poeiras, Fumaças e Neblinas Tóxicas	ANEXO I
5. Órgãos Afetados, Doenças e Outros Males Causados por Alguns Produtos Químicos Largamente Fabricados e Empregados	ANEXO I
6. Concentrações Consideradas como Fatais ao Homem	ANEXO I
7. Número de Acidentes por Setor de Atividade Econômica de 1998 a 2000	56
8. Representação do Mercado de Micro e Pequenas Empresas - 1999	58
9. Seleção de Tecidos Sintéticos – Suas Propriedades	83
10. Tamanho Médio Aproximado de Poeiras	84
11. Distribuição (em peso) das Partículas segundo os Diâmetros	85
12. Tabela ABNT – Recomendações para Aplicações de Filtros de Ar	85
13. Sistemas de Retenção: Principais Características	105

1. INTRODUÇÃO

1.1 A Questão

As grandes metrópoles têm se caracterizado por apresentar condições particularmente críticas, com níveis de poluição bastante elevados, em decorrência de vários fatores, como tem sido abordado fartamente em diferentes ocasiões, nos dois últimos séculos.

O ar, em particular, tem apresentado características cada vez mais agressivas em decorrência de condições atmosféricas comprometidas pelo crescimento desordenado, criando situações cada vez mais difíceis para a população urbana. Além disto o crescimento da frota automotiva já contribui de modo significativo para a poluição atmosférica. Nos ambientes urbanos se instalam áreas residenciais e industriais levando as populações fixas e flutuantes a diferentes estágios de segurança à saúde com reflexos contínuos e muitas vezes de ação instantânea. A avaliação ambiental destas áreas se mostra cada vez mais significativa exigindo o monitoramento continuado de modo a se prever as condições de ocorrência crítica, com efeitos localizados, mas se refletindo muito além dos pontos de geração ou mesmo de suas fontes. É importante o conhecimento, em primeira instância, da correlação das fontes de poluição, associadas as suas gerações, capazes de alterar a composição do ar ambiente, como resultado da atuação do homem.

As condições de impacto ambiental desagregador da vida com a quebra do equilíbrio ecológico, atingindo de modo direto e indireto o ambiente, devem ser evitadas através da promoção de uso racional dos recursos naturais, para que continuem disponíveis às gerações futuras. Desta forma entende-se que a identificação das fontes e o conhecimento de sua composição levarão às formas de melhor controlar as emissões para a atmosfera, estabelecendo níveis que assegurem situações de vida compatíveis com ambientes adequados ao equilíbrio ambiental.

O conhecimento das fontes poluidoras leva à busca dos meios próprios de correção a introduzir, através do monitoramento contínuo de sua geração, capaz de restabelecer o equilíbrio desejado.

1.1.1 Caracterização da Questão na História Moderna

Uma constatação do mundo contemporâneo é a preocupação do homem com o meio ambiente como resultado da incapacidade de sua recomposição diante da velocidade com que o homem dele se utiliza.

A luta do homem com o meio ambiente se desenvolve hoje segundo duas linhas:

- A de denúncia, compreendendo os problemas mais sérios que ameaçam o planeta como: o efeito estufa, a depleção da camada de ozônio, o acúmulo de lixo tóxico, a perda da biodiversidade e esgotamento de recursos não renováveis, além de outros devido à aplicação de tecnologias inadequadas, má administração de recursos naturais, crescimento populacional ou combinação de vários fatores causando poluição do ar, desertificação, enchentes, chuva ácida, erosão, esgotamento de recursos hídricos, contaminação radioativa etc.
- A de acusação, compreendendo a identificação dos responsáveis principais pelos danos ecológicos ao planeta.

Vê-se que a aplicação de um modelo racionalizado em que se aumente a eficiência do processo produtivo pelo aumento da produção com menor consumo de recursos, levaria a tendência a uma recuperação gradativa dos recursos naturais se os níveis de produção fossem estabilizados. A luz dos acontecimentos atuais, a racionalidade apresenta-se no momento sob um fantástico crescimento do rendimento econômico das matérias primas básicas, e em um crescimento acelerado da produtividade do trabalho. Por este processo, na aplicação da racionalidade, somos levados ao uso de menor quantidade de recursos naturais, culturais e humanos. Isto, contudo leva a um desemprego crescente em todas as suas formas, associado à geração de outros problemas, onde podemos questionar se está acontecendo um processo realmente racional.

A história do processo de formação econômica do mundo moderno pode ser observada por três faces que interagem:

- A intensificação do esforço acumulativo mediante a elevação da poupança de alguns países.
- A ampliação do horizonte de possibilidades técnicas;
- O aumento da parcela da população com acesso a novos padrões de consumo (FURTADO,2000)

Estas são condições onde as atividades econômicas geram mudanças estruturais, manifestadas em todos países, com concentrações de renda e exclusão social, criando conseqüências adversas. O crescimento econômico tem gerado uma nova forma de organização social e distribuição de renda, provocando ameaças, desafios e incertezas. Desta forma, um processo revolucionário se estabelece com transformações, baseado na implantação de métodos de produção racionalizadores de tempo, espaço e materiais, na busca por eliminar do processo produtivo todos os desperdícios, todas as irracionalidades: uma terceira revolução industrial.

Esta fase de transformação teve um desenvolvimento histórico com etapas características da História Moderna, constituindo uma revolução sistêmica centrada na concepção ecológica, destacando-se alguns marcos como:

- abolição do padrão ouro para o dólar;
- 1ª grande conferência sobre a questão ambiental (Estocolmo,1972);
- Relatório Brundtland, com a proposição de “Desenvolvimento sustentável como sendo aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades...”(BRUNDTLAND, 1991,p.46 apud BECKER,1999,p.56);
- ECO 92 (Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD)

Contudo, a lógica do mundo atual ainda permanece centrada na irracionalidade, onde se observa a constante tendência de estímulo ao aumento da concentração das riquezas e ampliação do empobrecimento, dando continuidade à lógica do pensamento neoliberal.

1.1.2 Desenvolvimento Sustentável

“O desenvolvimento humano restringiu-se ao desenvolvimento econômico, perdendo as demais dimensões da vida e da espécie humana” (BECKER, 1999 p.60).

A queda do socialismo permitiu que se implantasse em definitivo o capitalismo no mundo. A saída procurada nestes tempos novos está na busca a um modelo de desenvolvimento que, além de econômico seja sustentável, participativo e distributivo. Pretende-se levar as sociedades a uma nova realidade do sistema capitalista, permitindo trazer racionalidade e esperança para um novo padrão de desenvolvimento, e a possibilidade de pensar num processo em que os valores e recursos específicos de uma região sejam preservados e ainda assim participem do desenvolvimento mundial. Sem dúvida esta é uma nova fase de expansionismo do sistema capitalista, incluídos os seus pressupostos básicos, entre os quais: divisão do trabalho e propriedade privada. Dentro deste conceito a sustentabilidade deve ser compreendida como as múltiplas alternativas que tem cada localidade, região ou nação, pelas suas diferenças culturais, ambientais e valores (éticos e morais) em se inserir no processo geral de desenvolvimento, isto é, a habilidade de uma região entender-se capaz de constituir seu próprio padrão de desenvolvimento.

1.1.3 Colocação do Problema

O problema de poluição enquanto gerado por fonte antropogênica, leva-nos a considerar as indústrias como um dos responsáveis pelas emissões que necessitam de controle para ações corretivas e/ou preventivas.

No contexto nacional, o setor industrial é responsável por 20% da produção nacional (SAYAD, 2001); constituído por indústrias pesadas que representam cerca de 80% da produção industrial, e o restante por um conjunto de empresas pequenas, diversificadas, onde se incluem as micro empresas e empresas de pequeno porte (MATTOS & FORTES, 2001). Estas pequenas empresas são as que enfrentam os maiores problemas e dificuldades quando se entra na questão ambiental. Elas reúnem os mesmos problemas das grandes empresas sem ter os recursos, meios físicos, treinamento e suporte institucional, à altura de suas necessidades. Do ponto de vista do trabalhador, o cenário é desolador, no qual este insere-se numa condição bastante desprovida de benefícios e proteção a sua saúde.

As empresas, no contexto atual de globalização, desenvolvem sua produção dentro de um processo altamente competitivo e de baixo custo para poder alcançar suas metas, provocando constantes situações de exposição a riscos, tanto para o trabalhador como para o meio ambiente.

Constatado o problema que ocorre principalmente nas indústrias de pequeno porte que realizam diversas atividades, neste trabalho escolheu-se um setor das que geram grandes riscos embora aparentem ser pequenas fontes de poluentes. O estudo proposto é dirigido as indústrias de pequeno porte produtoras e/ou reformadoras de baterias chumbo ácidas, que eminentemente estão necessitando de contribuições para o alcance de soluções viáveis e eficazes, devido ao nível de comprometimento à saúde do trabalhador e contaminação do meio ambiente. Esta condição é reforçada pelas recentes divulgações dos casos de contaminação causados por algumas destas indústrias, as quais foram fechadas por órgãos governamentais de fiscalização.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste trabalho visa atender a demanda de soluções de engenharia na área industrial, para a eliminação e/ou redução das emissões nocivas ao homem e ao meio ambiente.

Dessa forma, se realizará um estudo e pesquisa dos sistemas de retenção de poluentes do ar que poderão atender as necessidades das indústrias de pequeno porte do setor de fabricação e/ou reforma de baterias do tipo chumbo ácidas, e se chegar à recomendação do melhor sistema adequado às condições encontradas neste segmento industrial.

O foco deste estudo será direcionado ao chumbo como substância manipulada nestas indústrias, e potencialmente nociva à saúde do homem e ao meio ambiente.

1.3 Metodologia

O estudo aludido baseou-se em pesquisa bibliográfica, através de livros, artigos, monografias, dissertações, publicações especializadas, estatísticas oficiais, normas, legislações, sites sobre poluição do ar – causas, efeitos, avaliação, sistemas de retenção, legislações atualizadas, casos de acidentes ocorridos, entidades reguladoras nacionais e internacionais, etc.

Foram realizados levantamentos sobre as soluções existentes no mercado para os sistemas de retenção de poluentes (fabricantes e representantes); levantamento dos instrumentos de identificação e análise de contaminantes, além da realização de consultas técnicas. Também se fez a investigação das condições de trabalho nas indústrias de recuperação de reforma de baterias chumbo ácidas. Para tanto, estudou-se o processo de trabalho nas pequenas indústrias deste segmento, através de levantamentos, análise e visitas a campo.

Com as informações pesquisadas, fez-se uma seleção dos dados levantados sobre sistemas de retenção, para a elaboração de uma tabela que se identifica com facilidade as principais características de cada sistema, e sua adequação ao processo industrial a ser estudado.

1.4 Importância

O levantamento, reunião e seleção de informações e constatações, pesquisadas em amplas e diversificadas fontes, irão compor a base de dados necessários no estudo de recomendações para escolha de sistemas de retenção adequados ao segmento de empresas de pequeno porte, capazes de comprometer o meio ambiente. Inserida nesse contexto, destaca-se a importância deste trabalho como contribuição para preservar a saúde do trabalhador, e o meio ambiente. O conjunto das informações contidas neste trabalho deve ser considerado como ferramenta que servirá para

auxiliar a compreensão e implementação das múltiplas alternativas para um desenvolvimento sustentável.

1.5 Aplicação

pesquisa realizada incluiu a reunião de informações para suprir a questão do problema e alcançar os objetivos, além de contribuir no sentido da preservação ambiental, e se apresenta como possível material didático para cursos de graduação e pós-graduação em Engenharia de Segurança do trabalho, Engenharia Ambiental, Controle da Poluição do Ar, e outros. Por outro lado poderá servir de referência para futuros estudos e consultorias sobre sistemas de retenção na emissão de outros poluentes em atividades industriais.

1.6- Apresentação:

A composição deste trabalho apresenta-se como material de leitura, organizado em cinco capítulos e oito anexos.

O primeiro Capítulo: Introdução - compõem uma apresentação da questão a ser abordada, sua forma de realização, a apresentação de seus objetivos e sua importância.

O segundo Capítulo: Qualidade do Ar - contextualiza o problema da poluição atmosférica, apresentando seus efeitos, as formas de avaliação dos contaminantes e seus limites de tolerância, além de destacar as principais normas para a promoção do controle e monitoramento das substâncias poluentes.

O terceiro Capítulo: Medidas de Prevenção de Riscos - trata a questão da saúde do homem inserido no processo produtivo, e as ações do Estado com relação à saúde do trabalhador. Nele se identifica as micro empresas e empresas de pequeno porte, e apresenta a medidas de preventivas que podem ser aplicadas.

O quarto Capítulo: Sistemas de Retenção de Poluentes - é um amplo trabalho de pesquisa sobre os Sistemas de Retenção, onde estuda as tecnologias disponíveis, com base na importância dos dados levantados assim como os processos físicos/químicos utilizados na retenção de poluentes. São delineadas considerações gerais sobre cada sistema, proporcionando uma avaliação de suas vantagens e desvantagens. Este estudo é a fonte dos dados utilizados na elaboração de tabela apresentada com a finalidade de facilitar a identificação dos sistemas para um trabalho de seleção.

O quinto Capítulo: Indústria de Baterias - é o estudo de caso em que se caracteriza uma pequena indústria que gera contaminantes atmosféricos, focalizando-se o chumbo como principal poluente. Realiza-se a identificação e estudo do processo de trabalho deste segmento industrial, e

também apresenta as mais recentes Diretrizes técnicas internacionais para reciclagem de baterias, com o objetivo de torná-las mais seguras. Neste capítulo é realizada uma seleção do sistema de retenção de poluentes a ser recomendado para a indústria de baterias chumbo-ácidas, em que o precipitador eletrostático é o sistema escolhido.

A Conclusão, baseada na recomendação do precipitador eletrostático como sistema adequado às indústrias de reciclagem de baterias chumbo-ácidas, traz as considerações sobre a importância desta recomendação, mesmo que ela não atenda a todos requisitos, mas é entendida como sendo a solução de maior eficiência na retenção do chumbo como contaminante atmosférico nas condições apresentadas. Assim, sugere-se o estudo de meios para viabilizar sua implementação, considerando a valorização da importância do processo de reciclagem para o desenvolvimento sustentável.

Os ANEXOS são as complementações do trabalho de pesquisa realizado, enriquecendo-o com informações como a apresentação de tabelas de Limites de Tolerância; de técnicas de análise para amostragem e análise dos contaminantes; de uma relação de fabricantes de instrumentos para identificação, amostragem e análise de poluentes; das estatísticas atuais de acidentes de trabalho (inclui-se as doenças) no Brasil (fornecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego); alguns gráficos que demonstram a relação do diâmetro de partículas e os sistemas de retenção; além do levantamento de uma relação de fabricantes e fornecedores, no Brasil, de sistemas de retenção de contaminantes.

2. QUALIDADE DO AR :

2.1 Poluição Atmosférica

2.1.1 O Conceito de Poluição

A concepção de poluição toma sentido amplo, de abrangência ilimitada, quando se trata de preservar o ambiente em que se vive, sem, contudo, perder a idéia de usufruto continuado. (SILVA FILHO, 1997) Além disto se incorpora à noção de uso compartilhado, o que impõe uma forma de pensar e agir onde as ações têm que ser avaliadas por seus efeitos em termos de espaço e tempo. Tais noções não devem ser limitantes ao desenvolvimento humano, mas essencialmente orientadoras e reguladoras para se conseguir eficiência no processo adotado e eficácia dos resultados, para todo o sistema ambiental, de forma a assegurar sua natureza saudável. (ALHADEFF & FORTES, 2001)

Na abordagem que se fará a seguir, centrada na questão atmosférica, tais diretrizes deverão ser observadas, particularizando-as para um segmento cujos reflexos têm sido sentido em todo o mundo, mas com benefícios compartilhados por muitos poucos.

2.1.2 A Poluição Atmosférica

Como foi visto, o homem vive um momento de tomada de posição diante dos agravos constantes a sua integridade das mais diferentes formas. No que diz respeito às agressões à atmosfera, sobretudo nos limites da biosfera, as ações e efeitos têm sido diversificados, criando condições cada vez mais impróprias ao ecossistema refletindo-se nas variadas formas de vida.

A atmosfera terrestre compreende um complexo de substâncias em equilíbrio, onde solo, água e ar têm suas parcelas de contribuição. O rompimento desse equilíbrio gera condições transitórias ou permanentes capazes de serem absorvidas pelo ecossistema ou, quando não, impõem condições de vida com reflexos permanentes, modificando as características do hábitat natural. Tais evidências levam a condição de poluição ambiental quando seus efeitos são perceptíveis e mesmo mensuráveis no ambiente quer pelas ações sobre o homem, a flora, a fauna, a água, o solo e os materiais.

É sob este enfoque que se conceitua qualquer gás ou particulado, como um poluente aéreo originado de fontes naturais, antropogênicas, ou de ambas quando encontrado em altas concentrações, assim sendo nocivo à vida e/ou às propriedades

Um dos grandes desafios da ciência moderna é estabelecer os limites das alterações possíveis de serem suportadas pelos seres vivos, constituindo a chamada teoria dos limites (WAISSMANN, W., 2000). Entretanto, correntes mais conservadoras tendem a adotar a concepção de tolerância zero como meta adequada ao desenvolvimento atual, diante da evolução tecnológica observada e da mentalidade que se vem implantando no mundo. Mas até que ponto as alterações realmente podem ser suportadas, e como se tem a certeza dos limites estabelecidos para tais? Para tanto se deve considerar a urgência da questão, onde o efeito do contínuo comprometimento do ar atmosférico não pode aguardar espaços de tempo significativos. Contudo todos os esforços e ações no sentido de controle, redução ou eliminação de condições impróprias ao ecossistema são relevantes, incluindo-se a conscientização como base para uma evolução.

A não conformidade destas condições pode ter um custo enorme, que poderá ser expresso em termos de conseqüências biológicas diretas ou em impactos econômicos.

Em meio aos desafios à ciência moderna para a manutenção de um equilíbrio, paralelamente tem se desencadeado ações diversificadas, dentre as quais surgem acordos entre partes interessadas, em que as nações buscam entendimento e posturas internacionais, para com o ambiente. Os acordos internacionais mais recentes e abrangentes, além de polêmicos, foram:

- O “Protocolo de Montreal” (16/9/1987), cuja principal finalidade é o controle sobre as substâncias que destroem a Camada de Ozônio.

- o “Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima” (1988), estabelecido conjuntamente pela Organização Meteorológica Mundial e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

- a “Convenção –Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima” (9/5/1992), adotada em Nova York – EUA

- o “Protocolo de Quioto” (11/12/1997), cuja principal característica é firmar compromissos com estabelecimento de metas de limitação e redução de emissões de gases de efeito estufa, não controlados pelo Protocolo de Montreal. Igualmente estimulando o desenvolvimento de formas novas e renováveis de energia, paralelo a limitação/redução de emissões do gás metano.

2.1.3 Características Ambientais da Atmosfera e Suas Consequências ao Meio Ambiente

O comportamento da atmosfera no mundo tem assumido importância crescente em relação direta com a evolução do homem e de suas necessidades, envolvendo o uso dos bens disponíveis na natureza. É reconhecido de modo generalizado que a atmosfera representa um dos mais importantes caminhos para a circulação e transformação geoquímica de elementos maiores e traços (SILVA FILHO, 1997).

A vinculação dos elementos geoquímicos encontrados na atmosfera às fontes geradoras naturais e antropogênicas, têm sido objeto de estudos científicos, os mais diversos, elevando o nível de conhecimento, para uso e benefício do próprio homem e de suas relações com o ambiente. No Quadro 1 são mostradas as fontes de aerossóis e gases atmosféricos inorgânicos.

QUADRO 1 - Fontes de Aerossóis e Gases Atmosféricos Inorgânicos

CATEGORIA		ORIGEM	COMPOSIÇÃO
Partículas de Sal marinho		-Natural	-Água do mar evaporada; -Água do mar evaporada, com alterações;
Partículas de Solo		-Natural; -Vulcânica.	-Grandes quantidades de Al, Si e Ti.
Partículas e/ou gases gerados por atividade biológica		-Natural	-Diversos (vapores, pólenes, gases, e outros)
Partículas de origem antropogênica	Associadas à fuligem	Queima de biomassa.	-Carbono; -Elementos maiores e traços.
	Geradas por combustão a alta temperatura	-Emissões industriais; -Queima de combustíveis	-Compostos de enxofre e nitrogênio; -Metais pesados.

Tabela adaptada. Fonte: Silva Filho, p. 17, 1997.

No item 2.1.2 mostrou-se que a ocorrência de desequilíbrios transitória gerada no ecossistema é compreendida como situações naturais atípicas, capazes de gerar efeitos devastadores, mas assimiláveis pelo sistema ao longo do tempo (FREITAS, PORTO & MACHADO, 2000). Entretanto, o que se tem observado é um processo contínuo de alteração crescente das camadas de ar próximas à superfície da Terra, geradas pelo próprio homem, induzindo a condições de vida geradora de agravos sistemáticos à saúde ambiental.

Na Tabela 1 são mostrados valores estimados de emissão de metais para a atmosfera, oriundas das fontes naturais e antropogênicas onde alguns elementos apresentam-se em quantidades elevadas e potencialmente nocivas ao ecossistema

TABELA 1 - Emissão Estimada de Metais para a Atmosfera Geradas por Fontes Naturais e Antropogênicas (x 1000 ton/ano)

Elemento	Antropogênico	Total
As	18	31
Ca	1400	45000
Cd	7,6	8,9
Cr	30	74
Cu	35	63
Hg	3,6	6,1
Mg	280	$1,3 \times 10^5$
Mn	38	355
Mo	3,3	6,3
Ni	56	86
Pb	332	344
S (gás)	93000	178000
Sb	3,5	5,9
Se	6,3	16
Sr	70	810
V	86	114
Zn	132	177

Fonte: Silva Filho, p. 18, 1997.

Percebe-se, pois, uma evolução de ações antropogênicas, com efeito, cumulativo, cujas conseqüências são imprevisíveis. No Quadro 2, a seguir, são mostradas as principais fontes de poluição e os principais poluentes perceptíveis pelas medições realizadas.

QUADRO 2 – Principais Fontes de Poluição e Poluentes Encontrados na Atmosfera

Fontes		Poluentes
Antropogênicas Estacionárias	Combustão	Material Particulado Dióxido de Enxofre e Trióxido de Enxofre Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Óxidos de Nitrogênio
	Processos industriais	Material Particulado (fumos, poeiras, névoas)
		Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, mercaptanas, HF, H ₂
	Queima de resíduos sólidos	Material Particulado Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x
Outros	Material Particulado, Hidrocarbonetos.	
Antropogênicas Móveis	Veículos a álcool, gasolina/Diesel, aviões, motocicleta, barcos, trem etc.	Material Particulado, Monóxido de Carbono, Óxidos de Enxofre, Óxidos de Nitrogênio, Hidrocarbonetos, Aldeídos, Ácidos Orgânicos
Naturais		Material Particulado, Poeiras, Gases, SO ₂ , H ₂ S, CO, NO, NO ₂ , Hidrocarbonetos.
Reações Químicas na Atmosfera (Ex.: Hidrocarbonetos + Óxido de Nitrogênio – Luz Solar)		Poluentes Secundários – O ₃ , Aldeídos, Ácidos Orgânicos, Nitratos, Aerossol Fotoquímico etc.

Fonte: CETESB in DERÍSIO, J. C., 1992.

No Quadro 3 estão sendo apresentados alguns poluentes gasosos mais freqüentes, resultantes da evolução do homem, sobretudo após a fase de industrialização, associados às fontes respectivas de geração.

QUADRO 3 - Poluentes Gasosos mais Freqüentes e As Fontes Respektivas de Geração

Elemento Químico	Símbolo	Poluente	Fonte Poluidora
Básico			
Enxofre	S	SO ₂ SO ₃ H ₂ S R – SH (mercaptans)	-Gases das caldeiras -Fabricação de ácido sulfúrico -Processamento de gás natural -Tratamento de esgotos -Indústria de polpa e papel -Indústrias petroquímicas, polpa e papel
Nitrogênio	N	NO e NO ₂ NH ₃ Outros compostos, piridinas, aminas	-Fabricação de ácido nítrico -Oxidação em alta temperatura -Processo de nitrogenação -Fabricação de amônia -Esgotos; clarificação de gorduras, processos com solventes
<i>Halógenos</i> Fluor	F	HF SiF ₄	-Fertilizante fosfático; alumínio -Cerâmica, fertilizantes
Cloro	Cl	HCl Cl ₂	-Ácido clorídrico (fab.); combustão de PVC; processos de cloração orgânica -Fabricação de cloro
Carbono	C	<i>Inorgânico</i> CO CO ₂ <i>Orgânico</i> Hidrocarbonetos (parafinas, olefinas e aromáticos) Hidrocarbonetos oxigenados Aldeídos, cetonas, alcoóis, fenóis e óxidos Solventes clorados	-Processos de combustão incompleta -Processos de combustão (em geral, não considerado como poluente) -Operação com solventes; gasolina; operações petroquímicas; solventes -Processos de oxidação parcial; operações de capeamento; processos petroquímicos; plástico; óxido de etileno -Lavagem a seco: desengraxamento

Fonte: MACINTYRE, A. J. , 1990, pg.282.

As distorções de valores médios reconhecidos como de composição do ar incluem situações ambientais específicas diante das características dos gases, como elementos predominantes. Assim, a Tabela 2 apresentada a seguir mostra a composição do ar nas condições seca e úmida, em duas situações característica dos ambientes, consideradas como normais, isto é, isento de poluição.

TABELA 2 – Características do Ar Seco e Úmido em Condições Normais (Isentos de Poluição)

Substâncias	Ar externo seco (puro)	Ar úmido (ambiente interno)	
	% em volume	Condição 1 (ver nota 1)	Condição 2 (ver nota 2)
		% em volume	% em volume
-Nitrogênio,	79,00	78,00	75,00
-Oxigênio	20,97	20,69	16,00
-CO ₂	0,03	0,06	4,00
-Vapor d'água gases raros, hidrogênio	-	1,25	5,00

Fonte: MACYNTIRE, 1990.

Notas: 1- Temperatura 50° C e umidade relativa do ar 50%.

2- Ar expirado pelo homem a temperatura de 36° C e umidade relativa de 100%.

Desta tabela se depreende a complexidade das condições de análise do ar atmosférico uma vez que diversos parâmetros são capazes de influir em sua condição saudável quando visto sob o ponto de vista da interferência sobre o ambiente.

Diante disto foram adotados padrões para avaliação dessa condição de ambiente saudável para o ecossistema, centrado principalmente no homem.

O CONAMA, em sua Resolução nº 3 de 28/06/90, definiu como Padrões Nacionais de Qualidade do Ar, aquele que atendesse as condições limites indicadas no Quadro 4.

QUADRO 4 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar Atmosférico

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão primário (µg/m ³)	Padrão secundário (µg/m ³)	Métodos de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas (1)	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA (2)	80	60	
Partículas inaláveis	24 horas (1)	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA (3)	50	50	

Fumaça	24 horas (1) MAA (3)	150 60	100 40	Reflectância
Dióxido de enxofre	24 horas (1) MAA (3)	365 80	100 40	Pararosanilina
Monóxido de Carbono	1 hora (1) 8 horas (1)	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm).	Infravermelho não dispersivo
Ozônio	1 hora (1)	160	160	Quimioluminescência
Dióxido de Nitrogênio	1 hora (1) MAA (3)	320 100	190 100	Quimioluminescência

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez por ano; (2) Média geométrica anual; (3) Média aritmética anual.

Fonte: CONAMA, 1990.

Estes padrões de qualidade do ar seguem alguns padrões internacionais (*US EPA*), que fornecem os níveis de qualidade do ar designados, com uma margem de segurança suficiente para proteção da saúde pública – como os que estão listados na tabela como Padrão Primário. Nesta tabela especifica-se um Padrão Secundário, que estabelece os níveis de qualidade de ar julgados necessários para o bem estar público, a partir de qualquer conhecimento ou antecipação de efeitos adversos que um poluente possa produzir.

Considerando, entretanto, as especificidades de certos ambientes, têm sido adotados padrões diferenciados para algumas áreas, muitas vezes com amparo em legislações estaduais, amparadas em critérios de preservação ambiental.

No caso particular do Estado do Rio de Janeiro, o órgão oficial de controle ambiental, a FEEMA, tem como Padrões de Qualidade do Ar os mostrados a seguir, onde se observam algumas modificações em relação aos Padrões Nacionais.

QUADRO 5 – Padrões Qualidade do Ar – Estado do Rio De Janeiro

Poluentes	Tempo de amostragem	Padrão (mg/cm²)	Padrão (µg/m³)	Método de ensaio
a) Dióxido de enxofre	24 horas ¹ MAA ³	-	365 (0,14 ppm) 80 (0,03 ppm)	Pararosanilina
b) Partículas em suspensão	24 horas ¹ MGA ²	-	240 80	MF 606 Amostrador de grandes volumes (HiVol)
c) Monóxido de Carbono	1 hora ¹ 8 horas ¹	-	40.000 (35 ppm) 10.000 (9 ppm)	MF607 Espectrofotometria não-dispersiva de Infravermelho

d)Oxidantes fotoquímicos	1 hora ¹	-	160 (0,08 ppm)	MF608 Luminescência química (corrigida para interferência devida a óxidos de nitrogênio e óxidos de enxofre)
e) Partículas sedimentáveis	30 dias	1 (área industrial) 0,5 (demais áreas)	- -	MF 609 Jarro de Deposição de Poeira.

1. Não deve ser excedido mais que uma vez por ano; 2. Média geométrica anual; 3. Média aritmética anual.

Fonte: FEEMA, 1983.

No Quadro 6, apresentado a seguir, foram listadas as substâncias encontradas com mais frequência na atmosfera e seus efeitos ambientais, sobretudo relacionados ao homem, e capazes de causar efeitos danosos crescentes. Observe-se que na relação não foi dada ênfase aos efeitos do ozônio sobre a biosfera em particular e toda a atmosfera em geral, por se tratar do maior desafio dos cientistas voltados para este campo da ciência, decorrente do chamado efeito estufa. O dióxido de carbono (CO₂), identificado como colaborador ativo desse efeito é fruto da rápida evolução do homem no último século (industrialização) quando sua concentração na atmosfera saltou de 280ppm para cerca de 350 ppm, com incremento de aproximadamente 25% (<http://www.ecologica.com.br/airp0dic.htm>). É sabido hoje que concentrações superiores a 5000 ppm em períodos de medição contínua de 8 horas são perigosos à saúde humana.

QUADRO 6 – Poluentes Atmosféricos mais Frequentes, suas Fontes e Impactos.

Poluente	Principais Fontes	Impactos no ambiente
Monóxido de Carbono (CO)	- Escape dos veículos motorizados (queima incompleta de combustíveis); - Processos industriais (chaminés de indústrias).	- Destruição da hemoglobina no sangue (cianose).
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	- Centrais termelétricas a petróleo ou carvão; - Fábricas de ácido sulfúrico; - Queima de gasolina; - Processos anaeróbios (esgotos); - Queima de óleo combustível; - Vulcões (fontes de enxofre).	- Chuva ácida (danos à vegetação, desagregação do solo, estruturas e de lençol freático); - bronquiobstrução; - pleurisia (efeito de sinergia quando associado a materiais particulados em concentrações elevadas).
Partículas em suspensão	- Escape dos veículos Motorizados; - Processos industriais (queima de carvão); - Queima de lixo ao ar livre; - Estocagem de materiais em áreas abertas (pilhas, silos);	Problemas respiratórios: - fibrose (óxido de ferro); - deposição de particulados sob vegetação; - pleurisia - efeito de sinergia quando associado a

(material particulado)	- Moinhos; - Transportes (esteiras, caminhões etc.); - Centrais termoelétricas; - Reação dos gases poluentes na atmosfera; - Ação dos ventos; - Degradação dos solos.	SO ₂
Chumbo (Pb)	- Centrais termoelétricas - Fábricas de baterias	- Doença degenerativa (Saturnismo)
Óxidos de Nitrogênio (NO, NO ₂)	- Escape dos veículos motorizados; - Processos de combustão com o ar; - Reações fotoquímicas; - Queima de gasolina; - Centrais termoelétricas; - Fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico.	- Chuva ácida (danos à vegetação, desagregação do solo, estruturas e de lençol freático).
Ozônio (O ₃)	- Formados na atmosfera devido a reação de Óxidos de Nitrogênio, Hidrocarbonos e luz solar (reações fotoquímicas).	- Danos às plantas/ vegetações; - Efeito Estufa: destruição da camada de ozônio.
Compostos orgânicos: Etano, Etileno, Propano, Butano, Acetileno, Pentano, Aromáticos.	- Escape dos veículos motorizados; - Evaporação de solventes; - Processos industriais; - Lixos sólidos; - Utilização de combustíveis (combustão)	- Leucopenia (destruição de Glóbulos brancos); - Efeito Estufa: destruição da camada de ozônio (cloro flúor carbono- CFCs). - Reagem com Óxidos de Nitrogênio e com a luz solar para formar oxidantes fotoquímicos.
Dióxido de Carbono CO ₂	- Todas as combustões	- Efeito Estufa (CO ₂ retém o calor).
Cinzas	- Usinas termoelétricas; - Queima de lenha e carvão (gera óxidos de metais pesados).	- Redução da fauna e flora dos rios.
Alumínio	- Indústria de minério de alumínio (bauxita – contém fluoreto).	- Danos a patrimônios históricos, depósito de ácido fluorídrico em pastos (amolece ossos do gado);

Fonte: ALHADEFF & FORTES, 2001. (Material elaborado com anotações de aula e pesquisa bibliográfica na disciplina de Controle de Poluição, apresentado no trabalho: Métodos de Amostragem e Análise de Poluentes Gasosos).

2.2 Efeitos na Saúde

2.2.1 Os Efeitos Ambientais sobre a Saúde do Homem

É uma importante questão de saúde pública os efeitos danosos das substâncias poluentes encontradas na atmosfera sobre a saúde do homem (ver Quadro 6). Muitas vezes torna-se difícil compreender como um poluente pode afetar a saúde. Basicamente isto se restringe aos princípios de funcionamento do sistema respiratório do ser humano: como cada poluente é transportado para o corpo humano através do sistema respiratório ou da pele, e é absorvido pelo sangue atingindo os sistemas vitais.

Os efeitos produzidos através da poluição do ar por estas substâncias - os contaminantes químicos, podem vir a se manifestar no organismo humano a curto, médio e longo prazo, dependendo de variáveis, que vão desde o tipo de contaminante, sua toxicidade e concentração no ambiente atmosférico, interno ou externo, tempo de exposição, até as diferenças de sensibilidade individual.

“A poluição do ar em ambientes de trabalho associa-se a uma extensa gama de doenças do trato respiratório, que podem afetar desde o nariz até o espaço pleural. Os fatores que influenciam os efeitos da inalação de aerossóis são múltiplos: inerentes aos aerossóis, como as propriedades físicas e químicas, e inerentes ao hospedeiro como as propriedades genéticas, os hábitos de vida e as doenças adquiridas”.
(MORGAN & SEATON, 1984 in MENDES, 1995, pág 91)

2.2.2 Efeitos Fisiológicos dos Poluentes-Contaminantes

Para se compreender os efeitos fisiológicos no organismo humano causados pelos poluentes, deve-se primeiramente ter a noção dos diversos estados físicos dos contaminantes que se encontram dispersos no ar:

Os estados físicos:

i) *Sólidos*: denominados de aerossóis que sob a forma sólida encontram-se classificados diversos tipos de *poeiras*, comumente proveniente de processos de trabalho com minérios, madeiras, grãos, minerais, asbesto, sílicas, substâncias e compostos químicos produzidos em indústrias químio-farmacêuticas, etc.; ou *fumos* provenientes de condensação ou oxidação de substâncias que são sólidas à temperatura ambiente, ocorrendo em processos como os de soldagens, fundições, extrusões, etc.

ii) *Líquidos*: sob a forma líquida, classificam-se as névoas, provenientes de processos aonde ocorre ruptura mecânica de líquidos, pulverizações e sprays, como nos processos de jateamentos e pinturas, além das neblinas provenientes de condensação de vapores de substâncias que são líquidas à temperatura ambiente.

iii) *Gasosos*: em que se tem os *gases* que é a denominação de substâncias não líquidas ou sólidas em condições normais de temperatura e pressão (elementos químicos naturais como o Oxigênio, Nitrogênio, Hidrogênio, etc.); e os *vapores*, classificação para substâncias em fase gasosa, mas que em condições normais de temperatura e pressão encontram-se em estado sólido ou líquido.

Os efeitos fisiológicos sobre o organismo normalmente são classificados como:

- *Irritantes* são os que produzem ação química ou corrosiva, são vesificantes e causam inflamações nos tecidos e vias respiratória; provenientes de poeiras alcalinas, amoníacos, cloro, iodo, ozônio, ácido sulfúrico, gases de motores, etc.;

- *Asfixiantes* os que provocam asfixia por redução da concentração de oxigênio no ar ambiente, interferindo no processo vital de absorção de oxigênio no sangue e tecidos; provenientes de compostos como o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), etano (C₂H₆), hélio (He), metano (CH₄), sulfeto de hidrogênio (H₂S), etc.

Entretanto deve se ressaltar a falta de oxigenação no sangue, denominada de anóxia anoxêmica, que é produzida pelos “venenos hemáticos” : monóxido de carbono (CO), sulfeto de hidrogênio (H₂S), arsênio (As), chumbo (Pb), nitrato (NO₃), benzeno (C₆H₆)

- *Narcóticos* aqueles capazes de produzir ação depressiva no sistema nervoso central, causando um efeito anestésico após absorvido pelo sangue; proveniente de éteres, acetona, hidrocarbonetos, etc.;

- *Intoxicantes sistêmicos* são os compostos que podem causar intoxicações agudas ou crônicas, gerando lesões nos órgãos (ex.: hidrocarbonetos halogenados); no sistema formador do sangue (ex.: hidrocarbonetos aromáticos – benzeno, tolueno, naftaleno, etc.); no sistema nervoso (ex.: álcoois, éteres, etc.); e ações intoxicantes por compostos inorgânicos (ex.: formados com fósforo, enxofre, cianetos, etc.) ou metais tóxicos como o chumbo, o mercúrio, o cádmio, o berílio, o cromo, etc. Observa-se que inicialmente atuando sobre alguns órgãos ou sistemas, eles acabam por comprometer todo o organismo.

O organismo também sofre efeitos diversos gerados pelo *material particulado*: oriundo das poeiras, fumos, e névoas. Nestes destacam-se as poeiras produtoras de pneumoconioses, que causam o endurecimento e perda de flexibilidade do tecido pulmonar, e geralmente são

provenientes das sílicas e asbesto. Também denomina-se de poeiras inertes aquelas que não produzem maiores reações fisiológicas, como as do carvão; e de alergizantes as que também podem atuar sobre a pele, como as provenientes de madeiras, óleos vegetais, pólenes, resinas, partículas de ácidos, entre outras.

Os efeitos fisiológicos no organismo humano causados pelos poluentes-contaminantes, em seus diversos estados físicos, são provenientes de diferentes formas de exposição. Podendo ocorrer por absorção da pele e mucosas quando em contato direto com sprays de tintas, vernizes, pesticidas; por ingestão quando realizar um procedimento de comer ou beber num ambiente poluído; e por respiração, que é a principal via de contaminação. Os efeitos podem ser os mais diversos, desde simples irritações de mucosa, efeitos cardiovasculares, doenças degenerativas, entre inúmeros outros problemas, doenças, que podem surgir nos diversos órgãos do corpo humano .

2.2.3 Efeitos sobre o Sistema Respiratório

Os efeitos da poluição do ar sobre a saúde respiratória podem gerar reações que são encontradas em qualquer nível do trato respiratório.

Com relação às doenças ocupacionais pulmonares, René Mendes apresenta uma classificação baseada na reação tecidual, nos tipos de agentes envolvidos, ou no quadro clínico predominante. Esta classificação clínica de doenças, apresentada no Quadro 7, fornece uma ampla visão das patologias ocupacionais do trato respiratório.

QUADRO 7: Classificação Clínica de Doenças Ocupacionais Pulmonares

Doenças Agudas	
Trato respiratório alto	<ul style="list-style-type: none"> •Irritação/inflamação de cavidades nasais e seios da face, faringe e laringe, por inalação de gases ou partículas irritantes e/ou tóxicos •Renite alérgica
Trato respiratório baixo	<ul style="list-style-type: none"> •Asma ocupacional (incluindo bissinose e síndrome de disfunção reativa das vias aéreas)
Doenças do parênquima pulmonar	<ul style="list-style-type: none"> •pneumonites por hipersensibilidade •pneumonites tóxicas
Doenças pleurais	<ul style="list-style-type: none"> •Derrame pleural
Doenças Crônicas	
Trato respiratório alto	<ul style="list-style-type: none"> •Úlcera do septo nasal

Trato respiratório baixo	<ul style="list-style-type: none"> •Bronquite crônica ocupacional •Enfisema pulmonar •Limitação crônica ao fluxo aéreo
Doenças do parênquima pulmonar	<ul style="list-style-type: none"> •Silicose •Asbestose •Pneumoconioses dos trabalhadores do carvão •Outras pneumoconioses (incluindo reações granulomatosas)
Doenças pleurais	<ul style="list-style-type: none"> •Fibrose pleural (emplacas ou difusa)
Carcinomas do trato respiratório	<ul style="list-style-type: none"> •Adenocarcinomas dos seios da face •Carcinoma broncogênico •Mesotelioma

Fonte: Patologia do trabalho / organizador René Mendes – 1995

As partículas mais perigosas inaláveis e respiráveis não podem apenas ser avaliadas por meio de nossos sentidos, tornando necessário recorrer a aparelhos de medição. Quanto ao seu tamanho, e possibilidade de inalação, os parâmetros são os apresentados na Tabela 3 :

TABELA 3 – Parâmetros de Inalação de Poeiras

Tipos de poeira	Tamanho aproximado (μ)
Sedimentável	$10 < \varnothing < 150$
Inalável	$\varnothing < 10$
Respirável	$\varnothing < 5$
Visível	$\varnothing < 40$

Fonte: TORREIRA, R.P., Manual de Seg. Industrial – 1999.

2.2.4 Identificação das Relações do Nexo Causal com o Processo de Trabalho

O conhecimento da história ocupacional de um trabalhador é sempre muito importante para o reconhecimento da relação entre uma doença que se apresenta (ex: uma pneumopatia) e o ambiente de trabalho. Deve-se buscar o máximo de informações sobre a real ocupação exercida pelo paciente/trabalhador; com um questionamento específico sobre a função exercida dentro de um processo de trabalho. Entende-se como processo de trabalho, para fins da anamnese clínica, o conjunto detalhado das operações desenvolvidas dentro de uma empresa, considerando desde a entrada das matérias-primas até o produto final, e sua expedição. Para tanto é necessário informações detalhadas sobre fluxo interno e processos industriais a que são submetidas as

matérias-primas, reações intermediárias que possam sofrer, produtos intermediários, riscos de acidentes, vazamentos, escapes de gases, presença de material particulado, vapores e gases no ambiente, carga horária de trabalho, turnos, ritmo das operações, produtividade, destino de despejos industriais, etc.

A história clínica de um paciente deve ser complementada com dados de antecedentes pessoais e familiares, com ênfase em sintomas de atopia e dados ambientais do local de trabalho.

2.2.5 Limites de Tolerância

Os efeitos da ação dos contaminantes sobre o organismo humano, são os mais diversificados (ver itens 2.2.2 e 2.2.3). Atuando conforme a sensibilidade individual, produzindo doenças como alergias, rinites, asma e bronquites, enfisemas, tuberculose pulmonar, silicose, asbestose, pneumoconioses de uma forma em geral, e o câncer pulmonar, além de inúmeras outras doenças associadas, em que a contaminação se dá através do ar respirado, passando para o sangue, por onde o contaminante químico é transportado aos diversos órgãos do corpo humano, neles se localizando e causando as lesões que são capazes de produzir, conforme sua toxicidade e *concentrações*.

As concentrações destas substâncias tem seus limites de tolerância (LT) estudados e estabelecidos sob forma de normas, onde o nível limítrofe de toxicidade de uma substância é especificado. É o ponto até onde se considera aceitável, principalmente no que diz respeito a ambientes de trabalho, em que as condições ambientais não podem ameaçar a saúde do homem.

Algumas tabelas representativas ilustram estas informações, onde os limites de tolerância das concentrações estão relacionados às substâncias (por tempo de exposição), como na Tabela 4 (ver ANEXO I): Valores Limites Máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas, segundo o ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists); ou onde estes mesmos limites de tolerância em concentração são apresentados junto as substâncias numa relação com as partes afetadas do organismo humano ou doenças por elas causadas, como na Tabela 5 (ver ANEXO I): Órgãos afetados, doenças e outros males causados por alguns produtos químicos largamente fabricados e empregados. Há também os limites que são considerados fatais como os apresentados na Tabela 6 (ver ANEXO I): Concentrações consideradas fatais ao homem.

Para uma melhor compreensão, estes limites serão esclarecidos neste capítulo, no subitem.

2.3.6 – Como são estabelecidos os limites de tolerância .

2.2.6 O Chumbo como Contaminante

2.2.6.1 O Elemento Químico e Suas Características

O chumbo é virtualmente onipresente no meio ambiente como resultado de sua ocorrência natural e sua utilização industrial. Ele é encontrado em pequenas quantidades na crosta terrestre. É um elemento químico do grupo dos metais, não ferroso, maleável, resistente e mal condutor de eletricidade. Sua simbologia química é *Pb*, derivado do latim *plumbum*, sendo seu número atômico 82. Tem características nitidamente metálicas, com cor azulada e brilhante, e quando em prolongada exposição ao ar, torna-se cor cinza opaco. É um metal dobrável que é facilmente fusível - funde à temperatura de 327,4 °C, e ferve a 1740 °C, e densidade de 11,34 g/cm³.

Pode formar numerosos sais, óxidos e compostos organometálicos. Dentre suas formas químicas destacam-se o chumbo orgânico (chumbo tetraetílico, naftenato de chumbo, esterato de chumbo) e o inorgânico (dióxido de chumbo). O chumbo é relativamente resistente aos ácidos sulfúrico e clorídrico, entretanto dissolve-se lentamente em ácido nítrico.

O chumbo por si só não se modifica, mas seus compostos se alteram por ação da luz solar, do ar, e da água. Quando lançado no ar, sob forma de partículas, fumos ou vapores, ele pode ser transportado a longas distâncias antes de assentar e se agregar às partículas do solo. A partir daí pode ocorrer também uma transposição para as águas subterrâneas dependendo do tipo de composto de chumbo e das características do solo. Contudo, a maior parte do chumbo encontrado no solo dos centros urbanos provem de casas antigas pintadas com tinta a base de chumbo, e de instalações hidráulicas em tubulações de chumbo. O chumbo possui uma vasta gama de aplicações, e é um dos metais mais utilizados no mundo.

2.2.6.2- Sua Origem

Considerado como um dos primeiros metais utilizados pelo homem, tem-se registros do emprego de chumbo para fabricação de armas e adornos há 4.000 anos *a.C.* na Ásia Menor. A manipulação deste metal também já era conhecida pelos egípcios, hebreus, fenícios e espanhóis desde 2.000 anos *a.C.* Alguns autores sugerem que se deve a queda do império romano ao grande consumo deste metal, que além de outras causas, houve uma exposição crônica a este elemento pelas classes dirigentes romanas.(MALTA et al, 1998)

O chumbo pode ser encontrado disperso em todo ambiente, sendo grande parte proveniente das atividades humanas, inclusive resultante da queima de combustível fóssil, exploração de minas e manufaturamento.

A produção mundial do chumbo concentra-se nos Estados Unidos, Austrália, Canadá, Peru e México. Também existem jazidas no norte e sudoeste da África. No Brasil, a produção iniciou-se na Bahia, maior produtor do país, seguido de São Paulo e Paraná.

2.2.6.3 Aplicações Atuais

Na atualidade, sua maior quantidade é utilizada industrialmente na fabricação de acumuladores elétricos (baterias), chegando a totalizar 2/3 do consumo total, seja na forma metálica ou de óxido de chumbo. Esta indústria de baterias também é responsável pela maior parte da reciclagem do chumbo industrializado. É largamente utilizado nos recipientes e tanques de armazenamento de substâncias corrosivas, na indústria de munição, na indústria tipográfica sob a forma de ligas para a produção dos tipos de impressão, na indústria automotiva, para a soldagem de latas, em vários tipos de reparos e, principalmente, na fabricação de radiadores. No passado, o chumbo já foi extensivamente utilizado em caixas de água e tubulações domésticas de água, assim como suas ligas já foram amplamente utilizadas em tintas para pintura de interiores, devido a suas características de cor natural (o óxido de chumbo é vermelho). Outras ligas ainda são utilizadas na indústria de corantes e também como “primer” para a proteção de metais em geral. Entretanto deve-se ressaltar que com a Revolução Industrial as concentrações de chumbo no ambiente elevaram-se de forma alarmante, resultado como, por exemplo, de seu uso na gasolina. O chumbo pode ser absorvido pelo ser humano, sendo concentrado nos ossos.

De uma forma em geral, existe uma grande preocupação quanto à exposição ao chumbo, uma vez que ele poderá estar presente na água, no ar, nos alimentos, nas áreas onde antigas pinturas a base de chumbo estiverem se deteriorando, em atividades de trabalho que necessitem de seu emprego, em produto ou remédios populares (folclóricos), ou até em *hobbies*, como a confecção de vitrais. Entretanto, há uma preocupação especial com relação às crianças, que são mais vulneráveis a toxicidade do chumbo.

2.2.6.4 No Ambiente de Trabalho

O chumbo se evidencia nos ambientes de trabalho em que é manipulado e exposto, sob qualquer estado físico. Além da exposição proveniente do ambiente em geral, muitas atividades conduzem à uma maior exposição, tais como: indústrias de fundição e refinamento, fábricas de baterias, lojas de reparo de radiadores, entre outras. A principal utilização do chumbo, em países

em desenvolvimento, está na fabricação de baterias. (ATSDR, 1990; MATTE et al., 1989 in ARAÚJO, U.C., 1996.)

A presença do chumbo em qualquer ambiente, principalmente nos das atividades de trabalho é um dado que se deve chamar a atenção, sobretudo com possibilidade de sua transposição para outros ambientes, ampliando a preocupação quanto a potencialidade da contaminação.

“Deve-se lembrar que, além da contaminação no interior do meio ocupacional, as emissões industriais podem aumentar os níveis ambientais de chumbo, principalmente em áreas vizinhas a estas indústrias, pois nelas são utilizados processos e tecnologia obsoletos e, em geral, tais empresas têm instalações precárias, são ampliadas sem planejamento ou cuidados com a purificação do ar, funcionando como fontes de emissão de chumbo para o ambiente externo”. (SKERFVING, 1993 in CERVO, B.C., 2002, pág.34)

As formas que a contaminação humana pode ocorrer são por inalação, ingestão e/ou contato direto com a pele.

O maior risco de intoxicação está associado aos trabalhos onde se produzem poeiras ou vapores do metal, visto que as partículas de chumbo inaladas ou ingeridas são absorvidas pelos trabalhadores numa proporção média de 40% e 10%, respectivamente (MARQUÉS, 1993 in ARAÚJO, U.C., 1996.)

Deve ser esclarecido que a simples presença de chumbo no local de trabalho não significa risco de intoxicação. O risco somente existirá na presença de fatores diversos, que influenciem a existência de vapores ou partículas respiráveis (< 5 μ de diâmetro da partícula). Assim, não existe uma regra simples para a categorização dos locais de trabalho. O que poderá determinar a existência e dimensão dos riscos é o processamento do chumbo em altas temperaturas, formando fumos, poeiras e aerossóis em temperaturas acima de 1.000°C, e as condições do ambiente em que estiver inserido, como por exemplo, as condições de ventilação e exaustão, de limpeza do ambiente, do uso de equipamentos de proteção individual, de sistemas de captação e retenção, entre outros.

Dessa forma entende-se que o risco inerente tem que ser severamente monitorado e controlado, e para tanto se deve conhecer seus efeitos sobre a saúde do homem, o que poderá ocorrer se ultrapassados os limites de tolerância, contaminando-o, quer ele esteja trabalhando diretamente com o chumbo, manipulado no interior de indústrias, ou simplesmente sujeito à exposição por residir nas proximidades destas.

2.2.6.5 Os Limites para o Chumbo

No Brasil, segundo as Normas Regulamentadoras da Portaria 3.214, na NR15 – Atividades e Operações Insalubres, Anexo nº 11- agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, o valor limite à exposição máxima ao chumbo não pode ultrapassar a concentração no ambiente de 0,1 mg / m³ de ar, calculando-se a média aritmética das concentrações das amostragens. É um limite para ambientes de trabalho onde o chumbo se apresente como um aerodispersóide.

Alguns dos principais limites estabelecidos por instituições internacionais, para exposição ocupacional (ambiente interno) são apresentados a seguir:

- OSHA – Occupational Safety & Health Administration .
 - TLV (Threshold Value Level) para o chumbo = 0,2mg/m³ [OSHA, USA, 1981] (UNEP, Technical Working Group of The Basel Convention, Geneva, 2002);
 - PEL (Permissible Exposure Limits) de chumbo inorgânico nas indústrias em geral, estabelece o TWA (Time Weighted Average) = 0,05 mg/m³. (http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_249110.html)
- ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
 - STEL (Short Time Exposure Limit) para 15 minutos de exposição a fumaça e poeira de chumbo inorgânico = 0,45mg/m³ [ACGIH, USA, 1983]; e o TLV-TWA (Threshold Value Level – Time Weighted Average) para chumbo inorgânico = 0,15mg/m³ como valor médio para fumaça e poeira de chumbo inorgânico [ACGIH, USA, 1984] (UNEP, Technical Working Group of The Basel Convention, Geneva, 2002).
 - o TLV creditado ao ACGIH no site do OSHA está estabelecido = 0,05 mg/m³ em TWA (Time Weighted Average). (http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_249110.html)

O limite para a exposição não ocupacional ao chumbo, no ambiente externo, conforme dados do EPA - United States Environmental Protection Agency, foi estabelecido como 2µg/m³ (EPA, USA). (UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM, Technical Working Group of The Basel Convention, Geneva, 2002)

O principal método analítico utilizado para se determinar as concentrações do chumbo no ar ambiente é a Espectrometria de Absorção Atômica (ver ANEXO II).

A Tabela que contém os Valores Limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas segundo o ACGIH é apresentada no ANEXO I – Tabela 4, onde são apresentados os TLV-TWA e TLV-STEL em ppm e mg/m³.

2.2.6.6 Como o Chumbo pode Afetar à Saúde

Como o chumbo já é utilizado de forma tão intensiva e por tão longo tempo, a história da intoxicação por chumbo é extensa. No entanto, foi Hipócrates o primeiro a ligar os sintomas da intoxicação a seu fator causal. Muito embora durante a Idade Média, a intoxicação por chumbo ter sido esquecida, no século XVI o chumbo apareceu novamente na literatura médica, quando Paracelso descreveu a “doença dos mineiros”. (MALTA et al, 1998)

A primeira descrição moderna de cunho científico de intoxicação por chumbo foi realizada em 1839 por Tanquerel, com base em 1.200 casos. Seu estudo foi tão completo que, desde então, pouco foi acrescentado aos sinais e sintomas clínicos da intoxicação.

Mesmo com o amplo conhecimento de causa, apresentação clínica e da prevenção da intoxicação por chumbo, esta patologia ainda é comum em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento. Os casos atuais de intoxicação são, em geral, mais brandos do que os de há 50 anos. No entanto, as estatísticas demonstram apenas uma pequena parte do problema, e geralmente não consideram a intoxicação subclínica.

Apesar de não constituir uma forma de intoxicação ocupacional por chumbo, o envenenamento infantil pela ingestão de fragmentos de tintas à base de chumbo é um importante desafio de saúde pública em diversos países do mundo.

A intoxicação por chumbo é uma doença crônica, às vezes com episódios sintomáticos agudos que levam ao efeito crônico irreversível. Como é uma substância tóxica persistente e acumulativa que põe em risco a saúde, deve-se ter um rigoroso cuidado de prevenção, em casa e fora dela, com ênfase na higiene pessoal básica e familiar. Quando absorvido, em função de sua concentração e sensibilidade individual, o chumbo pode afetar quase todos os órgãos e sistemas no corpo humano, sendo o mais sensível, o sistema nervoso central. O chumbo também danifica os rins e o sistema reprodutor. Os efeitos sobre o ser humano são os mesmos para qualquer forma de absorção. Frequentemente a intoxicação pelo chumbo não é diagnosticada no começo porque os

sinais iniciais e os sintomas não são específicos e a exposição não é suspeitada, sendo esta uma das maiores causas de contaminação na população em geral.

2.2.6.7 A Absorção

A absorção do chumbo pelo corpo humano, tem como principais vias o trato gastrointestinal e o sistema respiratório. A primeira varia com a idade, os adultos absorvem aproximadamente 10% do chumbo ingerido, e em crianças esta absorção pode chegar até a 40%.

A absorção por via respiratória vai depender do diâmetro das partículas, sendo maior quando seu tamanho for menor que 1 µm. Pode ocorrer também a absorção por via cutânea, neste caso na exposição ao chumbo tetraetila, o que segundo alguns autores depende se o metal se encontra na forma lipossolúvel.

Após a absorção, o chumbo inorgânico é distribuído nos tecidos moles, principalmente nos rins e no fígado, onde parte é excretada na bile, outra parte vai penetrar na circulação do sangue. Após algum tempo dentro do organismo humano, ele se redistribui e se deposita nos ossos (mais de 90% da carga), dentes e cabelo. Pequenas quantidades vão se acumular na substância cinzenta do cérebro e nos gânglios da base. Por se ligar aos eritrócitos, facilitando a sua distribuição pelos tecidos moles, atravessa membranas. Geralmente associado aos eritrócitos, também pode aparecer uma porção significativa no plasma quando o chumbo está presente em altas concentrações. Sua excreção do organismo humano é realizada através de diversas vias, mas principalmente pela excreção renal e gastrointestinal. Outras vias de eliminação são o suor, a saliva, os cabelos, as unhas, o leite materno, a descamação epitelial e os dentes. A eliminação do organismo é extremamente lenta, tendo sua meia vida estimada em 10 anos.

2.2.6.8 Manifestações Clínicas e Efeitos Adversos

Os sintomas mais comuns incluem cólicas abdominais, constipação, cefaléia e irritabilidade. Intoxicação grave pode causar coma e convulsões. Intoxicação crônica pode causar distúrbios de aprendizagem (em crianças) e neuromotoras. (TIERNEY et al, 1998) Quando ocorre intoxicação aguda em crianças, os sintomas decorrentes são anorexia, vômitos, convulsão, dano cerebral permanente e lesão renal reversível. No caso de intoxicação crônica, a criança tem perda de peso, anemia e deficiência no sistema nervoso. De uma forma em geral afeta o crescimento físico e mental.

No adulto, as manifestações provenientes de intoxicações agudas estão associadas a à grave desconforto gastrointestinal, progredindo até anormalidades intensas do sistema nervoso central. Na manifestação crônica, é comum um sinal neurológico característico, denominado “queda do punho”, onde ocorre um enfraquecimento indolor dos músculos extensores da mão.

Também são manifestações crônicas distúrbios de memória, de atenção, de aprendizado, de hiperirritabilidade e hiperatividade. Após exposições prolongadas ao chumbo, em altos níveis, o indivíduo pode desenvolver um quadro clínico denominado de “linha de Burton”, caracterizado por uma linha escura que se apresenta no limite entre a gengiva e os dentes, a qual é associada à deposição de pó de chumbo e outras poeiras na gengiva e quando resultante de hábitos precários de higiene. (MALTA et al, 1998)

Um resumo dos sinais mais importantes que já foram encontrados sobre os efeitos do chumbo no organismo humano, é o que se segue no Quadro 8.

Quadro 8 – Sinais dos Efeitos do Chumbo no Organismo Humano

<i>Sinais Vitais</i>		
Intoxicação Crônica	Intoxicação Aguda	Efeitos Raros
<ul style="list-style-type: none"> • Hipertensão arterial • Perda auditiva • Linhas de chumbo na garganta • Sabor metálico 	<ul style="list-style-type: none"> • Hipertensão arterial • Disritmias • Encefalopatias • Dor de cabeça • Deficiência da inteligência • Neuropatia periférica • Falta de equilíbrio (com os olhos fechados) 	<ul style="list-style-type: none"> • Íleo paralítico • Obstrução pilórica

Fonte: Malta, et al, 1998.

O diagnóstico é baseado na medida da concentração de chumbo no sangue. Níveis no sangue total menor do que 10 µg/dl são usualmente considerados normais. Níveis entre 10 e 25 µg/dl foram associados com comprometimento do desenvolvimento neurocomportamental em crianças. Níveis de 25-50 µg/dl podem estar associados à cefaléia. Níveis de 50-70 µg/dl estão associados com toxicidade moderada e maiores do que 70-100 µg/dl estão frequentemente associados com intoxicação grave. (TIERNEY et al, 1998).

O diagnóstico em geral baseia-se na história e evidência de exposição, contudo está associado aos sinais e sintomas clínicos apresentados pelo indivíduo. A confirmação do diagnóstico deve ser realizada através de exames complementares, como: dosagem de chumbo no

sangue (Pb-S); dosagem de chumbo urinário; dosagem de ácido delta-aminolevulínico na urina (ALA-U); dosagem de coproporfina na urina; atividade da enzima delta-aminolevulínico desidratase eritrocitária; plumbúria pós-quelação; avaliação da função renal; hemograma e hematoscopia, e eletrocardiograma.

Os efeitos de uma forma em geral são: hematológicos, neurológicos, renais, gastrointestinais, cardiovasculares, entre outros.

Quanto ao Tratamento, o principal procedimento para a intoxicação pelo chumbo é o afastamento do paciente da fonte de exposição. Entretanto o tratamento sintomático também é igualmente importante, podendo ser necessário o uso de antiarrítmicos, hipotensores, analgésicos, etc. Mas o tratamento específico da intoxicação consiste no uso de quelantes, sendo os mais comumente usados o sal cálcio dissódico do ácido etilenodiaminotetracético (CaNa_2EDTA), o dimercaprol (BAL) e a D-penicilamina. (*KIAASSEN, 1991; RIGOTTO, 1992 in MENDES, 1995*)

2.3 Formas de Avaliação

Os processos de avaliação de qualidade do ar, à luz dos padrões adotados, visam um monitoramento seguro para a preservação do meio ambiente. Num local onde existam atividades potencialmente geradoras de poluentes, uma avaliação de qualidade do ar deve ser realizada com um reconhecimento apropriado, incluindo o conhecimento dos processos de trabalho. No entanto, o reconhecimento das fontes pode ser uma tarefa fácil, como a identificação de poeiras, ou um pouco mais difícil, como a de gases ou vapores, principalmente quando são aqueles que não têm cor, não têm forte odor ou propriedades irritantes. Assim sendo, nem todas as fontes são facilmente identificáveis, inclusive as poeiras que possuem dimensões imperceptíveis ao olho humano e permanecem por longo período em suspensão.

Variados são os métodos, tecnologias, instrumentos e equipamentos que foram desenvolvidos para identificar e quantificar a concentração de poluentes, como por exemplo, alguns de leitura direta de poeiras. Os mais simples, na prática em geral, são eficientes apenas como indicadores, de onde e quando a concentração de poeira está muito alta, para uma posterior quantificação. Existe um grande número de instrumentos específicos para a detecção e monitoramento de gases. São equipamentos portáteis ou fixos, como também de monitoramento individual que são constituídos por pequenos dispositivos colocados junto ao corpo do trabalhador - permitindo a identificação e a quantificação de poluentes ao longo do desempenho de sua atividade.

O método para coleta de produtos, ou substâncias químicas, dependerá de algumas variáveis, inclusive levando-se em consideração a portabilidade do equipamento, a precisão de leitura, o custo da coleta, entre outros. Entretanto pode-se considerar dois tipos de métodos distintos, o de “amostragem instantânea” (de leitura direta), e o de “amostragem contínua”.

Em geral o mais simples processo de avaliação instantânea, é o que utiliza tubos reagentes, inclusive para verificar se a ventilação de exaustão local esta sendo eficiente sobre uma fonte de poluentes. São também denominados tubos colorimétricos, e igualmente servem para detectar e medir contaminantes presentes tanto no ar, como na água e no solo, onde o princípio de funcionamento é sempre o mesmo: um reagente químico no interior do tubo de vidro muda de cor em contato com os gases e vapores a serem analisados e a concentração da substância é determinada pela intensidade da coloração no tubo reagente. Há também aparelhos eletrônicos com sensores eletroquímicos para a avaliação instantânea.

Para o método de amostragem contínua são utilizados os dosímetros passivos (leitura direta ou indireta), e também o amostrador gravimétrico, utilizado como meio de retenção: carvão ativado ou sílica gel, impinger com solução absorvente, filtros de PVC ou éster celulose (leitura indireta).

2.3.1 Métodos de Análise de Gases na Atmosfera:

É essencial que se realizem análises atmosféricas para um monitoramento contínuo do ar ambiente. Para que isto se realize, devem então ser implementadas boas metodologias analíticas para o estudo e diminuição da poluição do ar.

Os dados de níveis de poluentes no ar ainda podem ser incertos, como resultados de análises e métodos de amostragem inadequados. Todavia, torna-se interessante a compreensão na utilização de alguns métodos, cujo desenvolvimento tem sido razoavelmente satisfatórios para algumas espécies de poluentes. A seguir faz-se a exposição de alguns métodos de amostragem e de análise dos gases poluentes, mas inicialmente precedidos de algumas considerações sob os aspectos físico-químicos da matéria em questão, os gases.

2.3.2 Aspectos Físicos - Químicos

Em geral os *gases* são misturas homogêneas, independente das respectivas composições ou proporções misturadas, onde o melhor exemplo é o ar, uma *mistura homogênea das substâncias gasosas* nitrogênio, oxigênio e outras. As misturas homogêneas também podem ser chamadas de soluções, e neste caso o ar é uma *solução gasosa*. Entretanto, pode-se pensar em separar os elementos e compostos destas soluções, mesmo que estas substâncias não sejam identificáveis visualmente, utilizando-se para isto o conhecimento das propriedades características

dos componentes, e dos processos que aproveitem as diferenças de propriedade, diferenças químicas, reações, etc.

As propriedades de cada substância, que possibilitam distinguir umas das outras, podem ser *físicas e químicas*. As *propriedades físicas* podem ser determinadas sem alterar a composição ou identidade da substância, sendo estas a cor, o cheiro, a densidade, o ponto de fusão, o de ebulição e a dureza. Já as *propriedades químicas* descrevem as formas pelas quais uma substância pode se alterar ou reagir para formar outras substâncias. Gases diferentes podem ter propriedades químicas muito diversificadas, mas em contrapartida, têm em comum muitas propriedades físicas.

Uma das propriedades características dos gases são as distâncias relativamente grandes que existem entre as moléculas, permitindo que elas se comportem como se não houvesse outras presentes, o que é a razão de gases diferentes se comportarem de maneiras semelhantes, embora as respectivas moléculas sejam muito diferentes.

O ar é uma mistura gasosa constituída de 78% de moléculas de Nitrogênio, 21% de moléculas de Oxigênio, e o restante pode ser composto por elementos gasosos nas condições normais de temperatura e pressão: H₂, F₂, Cl₂; por CO₂; e por gases nobres: He, Ne, Ar, Kr e Xe. Nesta mistura também aparecem outros gases, formados por elementos não-metálicos, de fórmulas moleculares simples, isto é, de massas moleculares pequenas, onde as *características* de alguns exemplos destes compostos gasosos comuns são apresentadas a seguir no Quadro 9:

QUADRO 9 – Características de Alguns Compostos Gasosos

Fórmula	Nome	Características
HCN	Cianeto de hidrogênio	Muito tóxico, cheiro de amêndoas amargas
HCl	Cloreto de hidrogênio	Tóxico, corrosivo, cheiro sufocante
H ₂ S	Sulfeto de hidrogênio	Muito tóxico, cheiro de ovos podres
CO	Monóxido de carbono	Tóxico, incolor, inodoro
CO ₂	Dióxido de carbono	Incolor, inodoro
CH ₄	Metano	Incolor, inodoro, inflamável
N ₂ O	Óxido nitroso	Incolor, cheiro adocicado, gás hilariante
NO ₂	Dióxido de nitrogênio	Tóxico, castanho avermelhado, cheiro irritante
NH ₃	Amônia (amoníaco)	Incolor, cheiro muito picante
SO ₂	Dióxido de enxofre	Incolor, cheiro irritante e sufocante

Fonte: ALHADEFF & FORTES, 2001. (Material elaborado com anotações de aula e pesquisa bibliográfica na disciplina de Controle de Poluição, apresentado no trabalho: Métodos de Amostragem e Análise de Poluentes Gasosos)

Estes compostos são os que se constituem como poluentes gasosos.

2.3.3 Métodos de Análise

Para a realização e escolha do método de amostragem e análise de poluentes gasosos, deve-se seguir as seguintes etapas:

- Determinação da fonte de emissão
- Determinação dos possíveis poluentes presentes na emissão: métodos analíticos/qualitativos.
- Determinação quantitativa

2.3.4 Métodos de Amostragem

É o processo de extrair de uma grande quantidade de material, uma pequena porção que seja realmente representativa da composição de todo o material.

Procedimentos adequados de amostragem devem preceder uma análise, onde o principal objetivo é a determinação da qualidade ou composição do material.

Os métodos de amostragem caracterizam-se em três grupos:

i) Todo o material é examinado

Difícilmente praticável, uma vez que a maioria dos métodos de análise são destrutivos, apresentando quantidade excessiva, e ou mesmo quando em dimensões acessíveis despenderia muito tempo para se realizar e disponibilizar instrumentos, assim como o consumo de grande quantidade de reagentes.

ii) A amostragem arbitrária, numa base *ad hoc*.

Não é científica, podendo gerar informações incorretas, e decisões errôneas. Sendo esta uma coleta arbitrária, não poderá ter uma forma real de controle ou supervisão analíticos.

iii) Métodos em que parcelas do material são selecionadas com base em probabilidades estatísticas.

Em vista do que foi esclarecido nos métodos anteriores, a única base confiável para a amostragem deve ser uma base matemática, com adoção de probabilidades estatísticas. Desta forma, sabendo-se que nem todos os itens ou partes da amostragem serão analisados, os limites da escolha devem ser cuidadosamente calculados e conhecidos desde o início. Uma vez calculado o grau de risco aceitável, ou de margem de variação, escolhe-se um plano de amostragem para se ter a maior quantidade e controle compatível com a rotatividade das amostras (como no caso de amostragens de bateladas). A escolha das amostras individuais se faz de acordo com tabelas randômicas especiais, garantindo a não interferência de fatores pessoais. Na amostragem de gases, poucos problemas afetam a homogeneidade de misturas gasosas se o vaso de armazenamento não

estiver sujeito a variações de temperatura ou de pressão. Entretanto podem ocorrer dificuldades quando não se toma o cuidado necessário para eliminar, das válvulas, das torneiras e das tubulações, qualquer outro gás, antes da passagem da amostra. É importante se tomar cuidados necessários para que nenhum componente gasoso reaja com os dispositivos de amostragem e de análise. Também se deve prever que as operações com muitos materiais, mesmo em amostragens, expõem o operador a riscos, e, portanto este deverá previamente conhecer o material a ser manipulado, estar protegido com equipamentos de proteção individual adequados, e ter disponível, quando há riscos de toxidez, os antídotos necessários e conhecimento dos procedimentos de tratamento. Nunca se devem deixar chamas acesas próximas as áreas de amostragens. Todos os *procedimentos de segurança* devem ser conhecidos e disponibilizados. Mesmo que um gás não seja de natureza tóxica, existem os riscos de emissões excessivas devido a modificações de pressão a altas concentrações, além de ignição espontânea de gases inflamáveis e vaporização súbita de gases liquefeitos.

Existem também os processos de amostragem contínua que trabalham segundo o princípio de monitoramento de absorção de ressonância de longa trajetória a laser. Para a maioria das análises, todavia, vários tipos de amostragem são requeridos. Em alguns sistemas muito sofisticados de monitoração, as amostras são coletadas e analisadas automaticamente e os resultados são transmitidos para uma central de recebimento. Todavia, muitas vezes, uma quantidade de amostras é coletada para análises químicas posteriores, como forma de aferição.

O resultado analítico de uma amostra pode ser tão bom quanto o método empregado para se obter a amostra. Fatores numerosos estabelecem a obtenção de uma boa amostra. O tamanho da amostra requerida (o volume total por amostra de ar) diminui com o aumento da concentração do poluente e da sensibilidade do método analítico. Sempre a taxa de amostragem é determinada pelo equipamento usado com alcance geralmente de (aproximadamente) $0,003 \text{ m}^3/\text{min}$ até $3,0 \text{ m}^3/\text{min}$. A duração do tempo de amostragem influencia o resultado obtido. (WORLD HEALTH ORGANIZATION SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND HEALTHY ENVIRONMENTS, 1999)

2.3.4.1 Estratégias de Amostragem no Ambiente de Trabalho

Um modelo mais objetivo para realizar a amostragem num ambiente de trabalho, pode ser como o exposto a seguir, na forma de Estratégias de Amostragem sugeridas pela *World Health Organization Sustainable Development and Healthy Environments*.

Assim, considerando que em qualquer ambiente de trabalho, existem variações espaciais e temporais nas concentrações contaminantes, onde a exposição será diferente para cada movimento de trabalho, variando no período de tempo de um dia, uma semana ou de meses. Porém, deve-se

evitar erros em amostragens e análises adotando-se procedimentos cuidadosos, enquanto em certas metodologias estes são inerentes e devem ser contabilizados para quando decidir o grau de realidade para se estimar o verdadeiro valor num parâmetro de exposição.

Para que numa estratégia de amostragem os dados obtidos sejam representativos de um trabalhador exposto ao poluente, deve-se considerar os seguintes fatores:

- o dia, semana, ou mês de performance exemplar;
- taxa de produção;
- matéria-prima;
- trabalho em turnos;
- performance da tarefa;
- performance da tarefa individual;
- medidas de controle de poeiras;
- tecnologia utilizada;
- número de trabalhadores;
- clima;
- outros processos vizinhos;
- distância do trabalhador da fonte;
- erros na amostragem e procedimentos analíticos.

O julgamento profissional durante uma avaliação é considerado indispensável, assim como os questionamentos clássicos para uma amostragem estratégica. Questões aonde realizar a coleta de amostra? Quanto tempo deve levar a coleta da amostra? Quando coletar a amostra? Quantas amostras devem ser coletadas? Embora princípios metodológicos específicos tenham sido estabelecidos, existem nuances em suas aplicações.

Para se avaliar uma exposição de inalação de poluente, necessita que se caracterize o ar que o trabalhador exposto esteja inalando, assim a amostra deve ser coletada na “zona respiratória”, normalmente especificada como uma zona hemisférica, ao redor da frente da face num raio de 30 cm (trinta centímetros).

No caso de se querer identificar para se caracterizar o pior caso de exposição ao contaminante, a coleta de amostras deverá ser ao longo de todo o ciclo do processo de produção, com um número representativo de trabalhadores de todas as categorias do processo, em todos os turnos, ao longo de um período de vários dias. Se o contaminante for uma substância de ação rápida, que cause danos irreversíveis, mesmo numa breve exposição, a coleta de amostra deve ter uma curta duração, no momento certo, para detectar eventual pique de concentrações, principalmente quando há flutuações de concentração. Quando ocorrem altas concentrações em

curtos períodos de tempo, ela poderá não ser identificada se a amostra for coletada por um longo período de tempo/exposição, no qual concentrações muito baixas também irão ocorrer, mascarando o resultado, embora seja pouco freqüente este tipo de caracterização. Neste caso, também se pode utilizar métodos estatísticos indutivos que permitem o conhecimento do coeficiente de variação dos procedimentos de medição, ou qual o grau de incerteza que pode ser esperado de um certo número de amostras e medições, o que orienta na escolha do número de coletas de amostras ou de medições que devem ser realizados. Entretanto, quanto maior for o número de amostras, a estimativa estará mais próxima da concentração real da substância contaminante.

O resultado de uma amostragem permite que se determine a medida e ação de controles necessária a serem tomadas. A sua realização e seus resultados têm amplo significado e conseqüências, cuja meta é sempre avaliar o risco de uma exposição, de forma a se reduzir os limites de exposição, e manter as concentrações dos poluentes abaixo dos limites de tolerância.

2.3.4.2 Estratégias de Amostragem pelas Normas Regulamentadoras

No Brasil, de acordo com o anexo 11 da NR -15, pertencente às Normas Regulamentadoras - aprovadas pela Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, são estabelecidos os limites de tolerância para diversos agentes químicos. A avaliação das concentrações destes agentes deve ser através de amostragens instantâneas, de leitura direta ou não, que deverá ser feita pelo menos em 10 (dez) amostragens, para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador, respeitando-se, entre uma e outra, o intervalo de, no mínimo, 20 (vinte) minutos.

Nesta Portaria, observa-se que são consideradas apenas as avaliações instantâneas, que permitem a detecção de picos de concentração durante a jornada de trabalho, e o cálculo da concentração média, para posterior comparação da concentração com o limite de tolerância e o valor máximo permitido ou valor teto. No entanto, a amostragem contínua também é utilizada, e apresenta como resultado final somente a concentração média das substâncias, fornecendo desta forma valores mais precisos, mas, como visto anteriormente, não detecta os valores máximos (de pico), durante a jornada de trabalho.

2.3.5 Principais Técnicas Utilizadas para Análises de Poluentes

O quadro a seguir, Quadro 10, relaciona os métodos usualmente implementados para os respectivos poluentes a serem analisados, e suas possíveis interferências (na presença de outros):

QUADRO 10 – Métodos Usualmente Implementados para Análise de Poluentes

Método	Poluente	Possíveis interferências	
Condutividade	SO ₂	HCl, NH ₃ , NO ₂	
	NO ₂	HCl, NH ₃ , NO, NO ₂ , SO ₂	
Fotometria de Chama	SO ₂	H ₂ S, CO	
Cromatógrafo gasoso	SO ₂	H ₂ S, CO	
	CO		
Espectrofotometria	Método da Pararosanilina→	SO ₂	H ₂ S, HCl, NH ₃ , NO ₂ , O ₃
	Método Iodeto de Potássio→	O ₃	NH ₃ , NO, NO ₂ , SO ₂
	Método Corante Azóico→	NO ₂	NO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃
Espectrofotometria Fase-gás	SO ₂	NO, NO ₂ , O ₃	
	O ₃	NO, NO ₂ , SO ₂	
	NO ₂	NH ₃ , NO, NO ₂ , SO ₂ , CO	
Eletroquímico	SO ₂	H ₂ S, HCl, NH ₃ , NO, NO ₂	
	O ₃	NH ₃ , NO ₂ , SO ₂	
	CO	NO, C ₂ H ₄	
	NO ₂	HCl, NH ₃ , NO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , CO	
Luminescência Química	O ₃	H ₂ S	
	NO ₂	NH ₃ , NO, NO ₂ , SO ₂	

Fonte: ALHADEFF & FORTES, 2001. (Material elaborado com anotações de aula e pesquisa bibliográfica na disciplina de Controle de Poluição, apresentado no trabalho: Métodos de Amostragem e Análise de Poluentes Gasosos)

Alguns importantes exemplos de métodos analíticos, para análises de gases poluentes e/ou determinação de substâncias, bem como técnicas de análises para procedimentos de amostragem e análises são discutidos no ANEXO II.

Existem atualmente no mercado uma grande diversidade de equipamentos e instrumentos para realizar amostragem e análises de poluentes. Alguns destes são apresentados no ANEXO III.

Todas tecnologias utilizadas por instrumentos para amostragem e análise têm o objetivo de detectar e mensurar amostras dos contaminantes, sejam eles gases, vapores ou particulados, de forma a verificar se os mesmos não ultrapassam os limites de tolerância estabelecidos enquanto garantia e prevenção de riscos a saúde humana, sem comprometer o meio ambiente, e a saúde do trabalhador inserido no meio ambiente interno das áreas de produção em indústrias (“indoor”).

2.3.6 Como São Estabelecidos os Limites de Tolerância

Algumas agências internacionais se destacam por listarem substâncias químicas que requerem a atenção e cuidados especiais, uma vez que são potenciais geradoras de riscos. Dentre elas estão algumas listagens e as agências que as criaram:

- 189 Hazardous Air Pollutants (HAPs) do Clean Air Act Amendments 1990;
- Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS) do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH);
- List of Toxic and Hazardous Substances do Occupational Safety and Health Administration (OSHA);
- Pocket Guide to Chemical Hazards do National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH); e
- Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes (publicado e atualizado anualmente) pelo American Conference of Governmental and Industrial Hygienists (ACGIH)

A Environmental Protection Agency (EPA), também tem catalogado substâncias manufaturadas ou importadas para manufatura, cerca de 56.000 substâncias, inseridas numa listagem denominada TSCA inventory (Toxic Substances Control Act), excluindo desta lista outras classes de material como os aditivos alimentares, drogas prescritas ou não, ingredientes de cosméticos e pesticidas. Esta agência regulamenta a identificação dos produtos de forma que estes possuam os dados necessários em sua manipulação e transporte, com um alerta dos riscos inerentes, além de outros detalhes de processo de produção e propriedades do produto. Sendo o principal objetivo a minimização a exposição nos locais de trabalho, prevenindo exposições crônicas de moradores das proximidades das indústrias, e redução de exposição aguda de pessoas afetadas por acidentes de transporte.

Os padrões para qualidade do ar, tanto para ambientes internos, “indoor”, quanto para externos, “outdoor”, são distintos entre si. Nos Estados Unidos, o máximo de concentração de poluentes no meio ambiente externo segue os padrões do *The National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)*.

No caso dos ambientes internos, “indoor”, a especificação da máxima concentração de poluentes permitida, em períodos de oito horas diárias, quarenta horas por semana, é fornecida pelos: limites permissíveis de exposição - (PELs) (*permissible exposure limits*) e valores limiares de tolerância por oito horas - (TWA-TLVs) (*eight-hour time-weighted threshold limit values*). Sendo o PELs criado pela NIOSH, e utilizado pela OSHA para cumprimento de seus propósitos; e os TWA-TLVs criados pela ACGIH para definir concentrações insalubres nos locais de trabalho. Alguns poluentes em particular, possuem baixos limites de tempo de exposição, os TLV –STEL (*short-time exposure limits - STELs*), que são concentrações médias permissíveis por um curto intervalo de tempo -15 minutos e não podendo se repetir por mais do que quatro vezes por dia com intervalo mínimo de 60 minutos. Ainda para outro pequeno grupo de poluentes, são fixados tetos (*ceiling - C*), valores teto médios (*threshold limit values-ceiling -*

TLV-C), valores que nunca deverão ser excedidos em qualquer momento ao longo da jornada de trabalho. Contudo, mesmo criados por diferentes organizações, a maioria dos limites de valores para poluentes, tanto por TWA-TLVs como por PELs não são muito diferentes entre si. Por ter o mesmo propósito, ambos podem ser utilizados para um meio ambiente industrial interno (“indoor”) seguro.

Os valores para ambientes externos do NAAQS são mais rigorosos do que os do PELs e do TWA-TLVs, considerando que o ar externo estará expondo a população (e vizinhança das indústrias) 24 horas por dia.

No ANEXO I, é apresentada a Tabela 4 com os valores de TLV-TWA e TLV-STEL do ACGIH: Tabela - Valores limites máximos para poeiras, fumaças e neblinas tóxicas.

No Brasil, o anexo 11 da NR -15, pertencente as Normas Regulamentadoras - aprovadas Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, do Ministério do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, estabelece os limites de tolerância para os agentes químicos a que os trabalhadores podem ficar expostos, caracterizando insalubridade. Nela 126 agentes químicos tem valores baseados nos estabelecidos pela ACGIH, devidamente corrigidos para a jornada brasileira, que, à época, era de 48 horas por semana. Entretanto hoje estão defasados uma vez que a jornada considerada oficialmente passou a ser de 44 horas semanais. Nesta Portaria não estão incluídas todas as substâncias listadas pela ACGIH, e alguns agentes químicos estão incluídos no anexo 13 desta mesma NR-15, numa caracterização qualitativa em função da insalubridade, e que passa a ser muito utilizado uma vez que evita o alto custo do material e das análises químicas para avaliação desses agentes, embora a não quantificação muitas vezes possa ser um procedimento errôneo.

O principal objetivo desta norma é caracterizar a condição de insalubridade quando um trabalhador está exposto a agentes químicos, através de limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. A caracterização da insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância constantes na Tabela de Limites de Tolerância, onde os valores fixados são válidos para absorção apenas por via respiratória. Algumas substâncias têm seus valores fixados como “Asfixiantes Simples”, o que determina que na presença delas, a concentração mínima de oxigênio deverá ser dezoito por cento em volume, e caso estiver abaixo deste valor, será considerada uma situação de risco grave e eminente. A Tabela de Limites de Tolerância possui uma coluna onde se assinala os agentes químicos cujos limites de tolerância não podem ser ultrapassados em momento algum da jornada de trabalho, assim como os TLV-C. Ela também contém uma coluna denominada “Absorção também pela pele”, onde são assinalados os agentes químicos que podem ser absorvidos, por via cutânea, e, portanto exigindo na sua manipulação a

utilização de Equipamento de Proteção Individual – EPI necessário à proteção das partes do corpo.

De uma forma em geral, a confiabilidade de se respeitar estes limites com a finalidade de preservação da saúde tem sido bastante questionado em diversos trabalhos, onde se afirma que a própria ACGIH utiliza estes valores como diretrizes na assessoria ao controle dos riscos à saúde, e não como padrão legal, além de já se ter encontrado algumas importantes relações entre os Limites de Tolerância definidos pelo ACGIH e concentrações ambientais encontradas nas indústrias, levantando à hipótese de que são as possibilidades de serem valores respeitados pelas indústrias (FREITAS & ARCURI, 2000).

Este questionamento já teve alguns resultados, como o caso do Valor de Referência Tecnológico (VRT), para o controle de concentração do benzeno nos ambientes de trabalho, adotado recentemente no Brasil por concordância tripartite, entre empregadores, trabalhadores e governo. É um valor claramente baseado nos limites do alcance tecnológico do país, superando aquele baseado nos interesses da indústria, com objetivo de garantir a segurança quanto a exposição de trabalhadores a uma substância cancerígena. Este é provavelmente um bom exemplo para se reconsiderar todos aqueles limites de concentrações já estabelecidos de substâncias que exponham a saúde humana aos riscos.

Entre todo o exposto sobre os riscos dos contaminantes existentes nos ambientes, e principalmente, nos ambientes internos das áreas de trabalho (“indoor”), conclui-se que é de fundamental importância a retirada destes poluentes, internos dos ambientes, sem que os mesmos transfiram seus efeitos nocivos e/ou degradadores para o ambiente externo. Com este objetivo tem-se diversos dispositivos para a captação dos mesmos, após sua retirada do interior dos ambientes por métodos de ventilação e exaustão.

2.4 Normas e Legislações

Para a promoção do controle e monitoramento das substâncias poluentes que causam danos ao ambiente, foram elaboradas diversas normas e legislações por entidades técnicas, órgãos governamentais, e internacionais, visando o estabelecimento de procedimentos padronizados. As abordagens quanto ao procedimento vão desde parâmetros para amostragem e identificação da fonte poluidora até acordos internacionais para orientação, controle e gestão de limites e procedimentos para preservação da saúde do homem e do ambiente. A seguir estão relacionadas algumas normas e acordos, com breves comentários sobre seus conteúdos práticos. Algumas considerações foram incluídas, configurando um alicerce legal e suporte para os procedimentos de fiscalização que visam um desenvolvimento sustentável.

Portaria nº3.214 do Ministério do Trabalho– 08/06/1978: Normas Regulamentadoras

-NR 15 – Atividades e Condições Insalubres

Esta norma tem por objetivo considerar as atividades ou operações insalubres, que por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos. Ela estabelece os critérios de caracterização de insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição do trabalhador a esses agentes.

- NR 15 – Anexo nº 11 – Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. Apresenta todos os valores fixados como limites de tolerância, e o cálculo que deve ser utilizado para verificar se o limite de tolerância foi excedido nas concentrações das amostragens.

- NR 15 – Anexo nº 12 – Limites de tolerância para poeiras minerais.

-NR 15 – Anexo nº 13 – Agentes químicos, relacionados com atividades e operações insalubres em decorrência de inspeção no local de trabalho. (como o caso do chumbo)

Portaria nº 3.523 do Ministério da Saúde – 28/08/1998

Regulamento técnico contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência dos componentes dos sistemas de climatização, para garantir a qualidade do ar de interiores e prevenção de riscos à saúde aos ocupantes de ambientes climatizados.

Resolução nº 176 – Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Ministério da Saúde – 24/10/2000

Orientação técnica contendo padrões referenciais de qualidade de ar interior em ambientes de uso público e coletivo, climatizados artificialmente. A Resolução recomenda o índice máximo de poluentes de contaminação biológica e química, além de parâmetros físicos do ar interior. A resolução prevê ainda métodos analíticos e recomendações para controle e correção, caso os padrões de ar venham a ser considerados regulares ou ruins.

Resolução CONAMA – 05/89

Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar (PRONAR), como um dos instrumentos básicos da gestão ambiental para proteção da saúde e bem estar das populações e melhoria da qualidade de vida, com objetivo de permitir o desenvolvimento econômico do país de forma ambientalmente segura, pela limitação dos níveis de poluentes por fontes de poluição atmosférica. Define classificação de uso de áreas em:

- Classe I – Áreas de preservação (qualidade do ar o mais próximo possível do verificado sem a intervenção humana);
- Classe II – Limitada pelo padrão secundário de qualidade do ar;
- Classe III- Qualidade do ar limitada pelo padrão primário.

Resolução CONAMA – 03/90

Estabelece padrões de qualidade do ar para controle de poluentes atmosféricos. Define as classes de qualidade do ar, bem como as quantidades máximas permitidas em cada uma.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6401 Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto Parâmetros Básicos de Projeto, 1980.

Estabelece os valores recomendáveis para os parâmetros físicos de temperatura, umidade, velocidade e taxa de renovação do ar e de grau de pureza do ar.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 8969 Poluição do ar – Terminologia.

Esta norma define os termos empregados no estudo de poluição do ar, exceto os aplicáveis à poluição do ar por energia. São ao todo 269 terminologias com suas respectivas definições técnicas.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13971 Sistemas de Refrigeração, Condicionamento de Ar e Ventilação – Manutenção Programada.

Esta norma foi criada para estabelecer os critérios de manutenção de ar – condicionado, por recomendação de um grupo de empresas do segmento de instaladoras destes equipamentos, e também foi inspirada numa norma alemã.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 14280 Cadastro de Acidentes do Trabalho – Procedimento e classificação. (*)

Esta norma fixa os critérios para o registro, comunicação, estatísticas e análise de acidentes de trabalho, suas causas e conseqüências. Ela proporciona elementos para os trabalhos de prevenção, de forma a identificar e registrar os fatos fundamentais relacionados com acidentes. (*) - antiga NB 18.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR ISO 14001 Sistemas de gestão ambiental – Especificação e diretrizes para uso (**)

Assim como as normas internacionais de gestão ambiental, essa norma têm por objetivo prover às organizações com os elementos de um sistema de gestão ambiental eficaz, passível de integração com outros requisitos de gestão de forma a auxiliá-las a alcançar seus objetivos ambientais e econômicos. Nela estão especificados os requisitos de tal sistema de gestão ambiental, tendo sido redigida de forma a aplicar-se a todos os tipos e portes de organizações e para adequar-se a diferentes condições geográficas, culturais e sociais. Seu conteúdo está dirigido para os requisitos que podem ser objetivamente auditados para fins de certificação, registro, e/ou autodeclaração. A orientação sobre técnicas de apoio à gestão ambiental faz parte de outras Normas que se complementam a esta.

(**) – esta norma é tradução equivalente da ISO 14001, de outubro de 1996.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 12020 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Calibração dos equipamentos utilizados em amostragem

Esta norma prescreve o método de calibração dos equipamentos usualmente utilizados na amostragem de efluentes gasosos em dutos e chaminés. Ela orienta a aplicação nos seguintes equipamentos para calibração: gasômetro seco; placa de orifício; Pitot S; termômetros, e boquilha.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10736 Material particulado em suspensão na atmosfera – Determinação da concentração de fumaça pelo método da refletância da luz

Esta norma prescreve o método de determinação de fumaça, pela refletância da luz. Tem aplicação adequada quando o material particulado avaliado provém de processos de combustão, ou seja, é constituído basicamente de fuligem (material carbonáceo).

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9547 Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume. (*)

Esta norma especifica um método de ensaio para a determinação da concentração mássica de partículas totais em suspensão (PTS) no ar ambiente, em um período de amostragem determinado, utilizando um amostrador de grande volume (AGV). O processo de medição é não destrutivo e o tamanho da amostra coletada é geralmente adequada para posterior análise química.

(*) Norma revisada.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – MB 3081 Efluentes gasosos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da unidade.

Esta norma descreve o método de determinação da umidade dos efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias, em três variantes: método de referência, método do fluxo saturado ou com gotículas e método aproximado.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – MB 3355 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação de material particulado

Esta norma descreve o método de determinação de material particulado de efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias. Onde o material particulado é coletado isocineticamente e sua massa é determinada gravimetricamente, após a eliminação da água não combinada.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – MB 3080 Efluentes gasosos em dutos e chaminés de fontes estacionárias – Determinação da velocidade e vazão.

Esta norma descreve o método de determinação da velocidade média e da vazão volumétrica do efluente gasoso em duto ou chaminé de fonte estacionária, através do tubo de Pitot S. Ela só se aplica em pontos de amostragem de fontes estacionárias.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – MB 3402 Atmosfera – Determinação da taxa de poeira sedimentável total

Esta norma descreve o método de determinação da quantidade de poeira sedimentável total na atmosfera, precipitada em uma área de 1 km², durante um período de 30 dias. Ela considera poeira sedimentável aquela presente na atmosfera, suscetível à coleta por sedimentação livre, composta de partículas sólidas ou líquidas suficientemente grandes para se depositarem no frasco coletor e bastante pequenas para atravessarem a peneira de 0,84 mm (20 mesh).

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13158 Avaliação de agentes químicos no ar – Coleta de fibras respiráveis inorgânicas em suspensão no ar e análise por microscopia óptica de contraste de fase – Método do filtro de membrana.

Esta norma descreve o método para a determinação da concentração de fibras inorgânicas respiráveis em suspensão no ar, inclusive amianto e asbesto, com utilização do filtro de membrana nos postos de trabalho, por microscopia óptica de contraste de fase, sem permitir a diferenciação entre elas.

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10562 Calibração de vazão, pelo método da bolha de sabão, de bombas de baixa vazão utilizadas na avaliação de agentes químicos no ar

Esta norma descreve o método de calibração de bombas de baixa vazão usualmente utilizado na avaliação de agentes químicos. Ela orienta a aplicação do método da bolha de sabão.

Algumas Normas e Legislações Internacionais

- Agenda 21

Diretriz para mudança de rumos no desenvolvimento global, definida pelos 170 países que estiveram presentes à Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, no Brasil. Ela contém uma série de compromissos acordados pelos países signatários, que assumiram o desafio de incorporar em suas políticas públicas, princípios que levam ao desenvolvimento sustentável.

Tem por objetivo condicionar a preservação sob um modelo de desenvolvimento da civilização, fundamentado no uso racional de recursos naturais, de forma a que estes possam continuar disponíveis às gerações futuras, e dessa forma conceitua-se como “desenvolvimento sustentável”.

No Brasil a Agenda 21 Nacional está mobilizando vários segmentos da sociedade, desencadeando um processo de planejamento participativo. Sua coordenação é realizada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional, presidida pelo Ministério do Meio Ambiente.

- Protocolo de Quioto

Seu objetivo principal é firmar entre as nações, compromissos de estabelecimento de metas de limitação e redução de emissões de gases de efeito estufa. Foi estabelecido em 11 de dezembro de 1997, para a Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima. O protocolo dispõe sobre metas de controle de emissão de gases de efeito estufa para países desenvolvidos e com economias em transição, e deverá assegurar uma redução global de cerca de 5% no nível de emissões destes gases em relação ao ano de 1990; meta que deverá ser atingida no período entre os anos de 2008 e 2012. Este protocolo não prevê metas de redução para países em desenvolvimento. Promove o estímulo para o desenvolvimento de formas novas e renováveis de energia, paralelo à limitação/redução de emissões do gás metano.

- Convenção da Basiléia

Trata da regulamentação do transporte e disposição de resíduos tóxicos, e obriga à redução na produção de substâncias perigosas. Foi assinada em 1989, sob os auspícios do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente –PNUMA. Reuniu 150 países membros, sendo um deles o Brasil, que aderiu à Convenção em outubro de 1992. Nesta Convenção é estabelecido um regime internacional de controle e cooperação cujo objetivo é incentivar a minimização da geração de

resíduos perigosos, sugerindo mudanças nos próprios processos produtivos, e reduzir o movimento transfronteiriço desses resíduos. Este é considerado o único tratado internacional que pretende monitorar inclusive o impacto ambiental das operações de depósito, recuperação e reciclagem que se seguem ao movimento transfronteiriço de resíduos perigosos.

<http://www.mre.gov.br/acs/diplomacia/portg//temas/ma001.htm>) e (<http://www.basel.int/>)

3 MEDIDAS DE PREVENÇÃO AOS RISCOS

3.1 A Saúde do Homem Inserido no Processo Produtivo

É muito importante a observação sobre a situação do indivíduo que está atuando diretamente nas fontes provedoras de poluentes, considerando os inúmeros e diversificados efeitos nocivos que determinadas substâncias causam à saúde humana, podendo se agravar quando os poluentes se encontram em concentrações inadequadas. Focaliza-se uma visão na questão da saúde do trabalhador inserido num ambiente em que ocorram emissões de poluentes. Ressalte-se também a preocupação sobre as diversas manifestações fisiológicas e psíquicas, que são acarretadas pelos elementos do processo laboral, e podem se tornar nocivas à saúde dos trabalhadores.

O ambiente onde se desenvolvem as atividades laborais passíveis de estarem expostas a riscos de contaminações por emissão de poluentes, de forma em geral, está inserido no processo de globalização. Este processo tem levado as empresas procurarem cada vez mais desenvolver a sua produção dentro de um processo altamente competitivo e de baixo custo. Atualmente as metas de produção dessas empresas, levam a que os trabalhadores sejam submetidos a condições de trabalho cada vez mais precárias, expondo-os a situações de trabalho insalubres e perigosas – envolvendo riscos físicos, químicos, ergonômicos e mecânicos dentre outros, decorrentes e inerentes a atividade do trabalhador.

3.2 A Atual Relação da Saúde do Trabalhador e o Poder do Estado no Brasil

O problema central para a preservação da saúde do trabalhador está na complexidade sinérgica do processo produtivo atual, cumulativa de certos fatores de riscos e exigências laborais, como geradores de uma enfermidade ou de um conjunto de enfermidades, ampliados inclusive pelos conceitos mais recentes de envolvimento emocional dos trabalhadores, diante das pressões conjunturais existentes (NORIEGA, 1993.).

As pequenas empresas e boa parte das empresas médias, mostram um cenário ainda mais desolador para o trabalhador, possuindo os mesmos problemas das empresas grandes sem ter os necessários recursos, meios físicos e suporte institucional a altura das necessidades conjuntas. Em geral essas empresas localizam-se nas áreas urbanas de maior concentração populacional das metrópoles, que em decorrência de sua localização podem se submeter às condições ambientais da

região, muitas vezes com índices de poluição acima do limite superior da faixa de tolerância. Isto quer dizer que as condições internas das empresas também sofrem as conseqüências das condições externas.

Na maior parte dos municípios do interior os índices de poluição são em geral baixos, uma vez que as condições ambientais estão em níveis pequenos de degradação. Entretanto, o Estado, em seus diferentes níveis, vem proporcionando incentivos fiscais às empresas, na busca por angariar meios razoáveis de crescimento das sociedades locais. Este procedimento tem favorecido ao processo de industrialização rápida, principalmente nas áreas urbanas municipais, pela disponibilidade de mão de obra. Como conseqüência deste processo é dado início a degradação da vida comunitária, gerando alterações diretamente sobre os trabalhadores contratados, repercutindo em toda a comunidade. Além disto ocorrem desequilíbrios ambientais graves quando as matérias primas usadas ou os processos de trabalho, geram efeitos lesivos à saúde dos trabalhadores e produzem rejeitos, danosos à comunidade. Por isso, os resultados do balanço destas ações nem sempre levam a benefícios significativos para a sociedade, por exigir preço excessivamente elevado para um desenvolvimento relativo.(MATTOS & FORTES, 2001)

Desta forma, o trabalhador - cidadão passa a ser vítima natural do processo de degradação ambiental, a que se submete, e o Estado se torna, em última instância, conivente nas modificações das condições de vida tradicionais da sociedade quando não corruptor.

3.2.1 Breve Histórico das Relações entre o Empresário, o Trabalhador e a Saúde

Para se compreender as atuais condições desta relação, é importante saber que paralelamente a sua evolução histórica, as condições de saúde dos trabalhadores foi um fator de suma importância, contextualizado no desenvolvimento da própria medicina, tomada como referencial. Isto se destaca quando os estudos são provenientes das atividades laborais, envolvendo processos, condições e locais de trabalho, incluindo as substâncias químicas envolvidas, sob variadas formas e/ou estados.

A evolução da medicina, particularizada ao cuidado da saúde do trabalhador, pode ser interpretada desde o momento (indeterminado) em que surgiu a “medicina instintiva”, momento da história humana em que emerge a consciência para uma organização de cura e prevenção. As primeiras referências neste sentido, são de 4000 AC, na Suméria; passando pelos Assírios e Babilônios, em aproximadamente 2000 AC, sempre sob um cunho religioso. No Código de

Hamurabi é encontrada a figura do médico, destacando a relação médico-paciente, com suas responsabilidades, e uma lista de doenças que contra-indicavam indivíduos para o trabalho.(WAISSMANN, 2000)

Nas fontes judaicas identifica-se práticas e rituais relacionados à saúde; considerações sobre alimentação e doenças dos trabalhadores. Ao longo da história do Egito, Heródoto já indicava a existência de especializações médicas; identificando-se épocas com importantes regras de trabalho e citações de males de origem laboral. A concessão de direitos e cuidados médicos devia-se às atividades do trabalho de realizações imperiais. Na Grécia, Hipócrates (“pai da medicina”) é o primeiro a mencionar doenças ocupacionais, relacionando substância a doenças e riscos ocupacionais específicos. Já os Romanos, mencionavam a presença de médicos acompanhando categorias profissionais, suas patologias, relatando equipamentos de proteção e riscos ocupacionais, relativos ao manuseio de certos produtos. Galeno deixou relatos sobre doenças ocupacionais, como observações sobre “trabalhadores se protegendo de odores que os sufocavam”. (WAISSMANN, 2000)

Passando-se ao período Medieval, após a queda do Império Romano, aparece o ato médico leigo, como assalariado de senhores ou das próprias municipalidades. Ações específicas quanto a saúde do trabalhador são identificadas em circunstâncias como no relato de intoxicações por mercúrio (“azogue”) em minas, ou nos relatos sobre determinadas condições ocupacionais. (WAISSMANN, 2000)

No Renascimento, a burguesia cresceu juntamente com o desenvolvimento de cidades, de tecnologias, do poder de troca do dinheiro, aliado a quantificação e valorização da população produtiva. Isto consolida e reforça o poder centralizado, e a conscientização da necessidade de se proteger a saúde da população como forma de preservação do poder central. Surgem novos conhecimentos anatômicos, diferenciação de moléstias, classificação de doenças, e a teoria do “contágio”, com a noção de seres vivos microscópicos. Paracelso, médico suíço, descobre a utilização de substâncias químicas em processos terapêuticos. *Também aparecem os primeiros textos dedicados aos riscos encontrados no trabalho, como na ourivesaria e outras práticas com metais, aonde identificam-se sinais e sintomas de envenenamento, mostrando o perigo de alguns vapores. Ressalta-se a importância de uma boa ventilação, além do uso de drogas a serem utilizadas em tratamentos.* Obras sobre atividades navais e mineração mostram a importância da medicina dedicada a doenças ocupacionais ao longo deste período. (WAISSMANN, 2000)

No século XVII, destacam-se os estudos da física e química, relacionados à medicina. Neste cenário aparece a obra que marca o início do conhecimento médico na área do trabalho: “De morbis artificum diatriba” de Bernardino Ramazzini – “pai da medicina do trabalho” – italiano, médico e professor de medicina; é o primeiro tratado conhecido sobre doenças ocupacionais, servindo de referência até o século XIX, quando a revolução industrial gerou novos problemas sanitários.

O século XVIII dá continuidade à evolução da medicina com promoção de melhorias sanitárias e o aparecimento das primeiras vacinas, marcado pelo período do Iluminismo, ascensão dos EUA ao cenário mundial, implantação de princípios universais trazidos pela Revolução Francesa e a ocorrência da primeira Revolução Industrial. Na área da saúde aplicada ao trabalho constituiu-se o que se denominou “medicina social” (FOUCAULT, 1982), sob a ação do Estado. Surge a noção de salubridade, junto ao processo de urbanização desenvolvido pela industrialização. Na Europa aparecem trabalhos médicos relativos a doenças vinculadas ao trabalho, e a primeira associação ao câncer ocupacional, nos limpadores de chaminé, feitas por Percivall Pott (LARSON & BENNET, 1978 *in* WAISSMANN, 2000).

O prosseguimento das relações entre empresário e trabalhador evolui através dos séculos XIX e XX, com a mesma velocidade das mudanças sociais, da produção, da ciência e da saúde. É observando o que se denomina Revoluções do Capitalismo Industrial, com suas mudanças de processos produtivos, que podemos avaliar a atual concepção “saúde-trabalho”, com *características específicas de cada Estado, em sua condição política e social*. Embora deva-se aqui colocar como predominante característica capitalista, a oferta do serviço médico pelo empresariado, independente do Estado, com criação e manutenção da dependência do trabalhador junto ao exercício direto do controle da força de trabalho. (MENDES & DIAS, 1991)

Em 1919 cria-se a OIT – Organização Internacional do Trabalho, e demonstra a evolução e preocupação internacional, com a saúde do trabalhador. Assim promoveu-se a organização e normalização dos Serviços de Medicina do Trabalho, conceituando-se posteriormente, sob uma visão mais abrangente, como “Saúde Ocupacional”, e recentemente como “Saúde do Trabalhador”.

3.2.2 Ações do Estado Brasileiro na Relação da Saúde com o Trabalho.

O Estado brasileiro teve origem dentro da concepção das sociedades tradicionalmente fechadas, com forte dependência externa por vínculos colonizadores, retardando sua busca à uniformização dos valores individuais. Isto é evidenciado quando se associa à condição de país-colônia por mais de três séculos, com a sociedade constituída de uma pequena classe dominante, servida por mão de obra escrava. Esta situação se manteve até o final do século passado quando os pensamentos inovadores de direitos individuais estimularam o desenvolvimento de pressões internas geradoras de transformações da sociedade. Por este motivo as áreas de trabalho e saúde só foram motivo de atenção a partir de meados do século XIX, quando surgiram os primeiros movimentos com interesse voltados para saúde pública e do trabalhador. A partir deste momento várias ações foram desenvolvidas, sob conceitos de medicina social, higiene e segurança do trabalho, saúde ocupacional, e saúde do trabalhador. Estas ações passaram por campanhas sanitárias preventivas de doenças pestilentas, o estabelecimento de políticas nacionais com atuações do Ministério de Trabalho e do Ministério da Saúde, com participação de organizações dos trabalhadores, até constituir uma política nacional com caráter municipalista como o SUS – Sistema Único de Saúde.

O SUS concilia as metas na área de saúde com o dever do Estado, conforme a Constituição Federal, de 1988, para uma Política Nacional de Saúde do Trabalhador, estudada pelo Ministério da Saúde, condição em que fica clara a responsabilidade assumida pelo Estado sobre os direitos do Trabalhador como partícipe da sociedade, isto é, como o trabalhador-cidadão.

A atual Constituição brasileira, em seu artigo 21 (inciso XXIV) do Título III – Da Organização do Estado, estabelece caber ao Estado “organizar, manter e executar a inspeção do trabalho”, e em outro ponto, no Título VIII – Da Ordem Social, artigo 200, trata da questão da saúde do trabalhador de forma objetiva, estabelecendo competência ao SUS para “*executar as ações de vigilância sanitária e epidemiológica, bem como as de saúde do trabalhador*”. Isto assegura o papel do Estado, entre outros, na vigilância, inspeção e fiscalização dos ambientes de trabalho. Mas o principal vínculo estabelecido entre a questão social e a saúde é quando a Constituição, ainda no Título VIII – Da Ordem Social, artigo 200, determina “*participar do controle e fiscalização da produção, transporte, guarda e utilização de substâncias e produtos psicoativos, tóxicos e radioativos e colaborar na proteção*”

ao meio ambiente, nele compreendido o do trabalhador”. Neste ponto também destaca-se a relação entre o ambiente e o trabalhador.

Uma idéia sobre a dimensão da responsabilidade pela Saúde do Trabalhador conferida ao SUS, pode ser visualizada como apresentado na Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho, onde se encontra uma extensa relação de agentes de risco e doenças que podem ter seunexo causal relacionado ao ambiente de trabalho. No ANEXO IV está incluído um resumo desta Lista.

3.2.3 A Relação Atual das Empresas de Pequeno e Médio Portes e o Trabalhador

As novas formas de organização do trabalho aplicado nas grandes empresas e algumas poucas empresas de porte médio bem organizadas é hoje um dos caminhos diretos de sucesso dos empresários. Mas para atingir suas metas, as empresas tem o custo como seu principal componente, criando maiores exigências aos trabalhadores, tanto na organização quanto na divisão do trabalho, assim envolvendo riscos físicos, químicos, mecânicos e ergonômicos, decorrentes das atividades exercidas. Estas exigências podem tornar-se principais geradores de diversas enfermidades.

A administração pública no Brasil tem o difícil papel de disciplinar a sociedade, ou impor proteção ampla, através da sistemática fiscalização/vigilância, necessária ao ambiente, resultando em diferentes escalas de degradação.

Somando-se às questões anteriormente colocadas percebe-se, também, que as condições de trabalho no Brasil vêm se constituindo, nas últimas décadas, em um dos principais problemas do país, face a elevada ocorrência de acidentes e doenças do trabalho.

“Durante quatorze anos de guerra no Vietnã o exército dos Estados Unidos da América sofreu a tristeza de 45.000 soldados mortos.

O Brasil, que nos últimos dez anos não se envolveu em nenhum tipo de conflito, amargou a morte de cerca de 50.000 laboriosos operários, que tiveram suas vidas ceifadas por acidentes de trabalho”. (DELA COLETA, 1991)

As estatísticas oficiais de acidentes do trabalho, embora parciais, frente a realidade, têm mostrado uma situação alarmante, a qual ainda se deve somar a subnotificação da

ocorrência de eventos decorrente de diversas condições de impossibilidade de registro. Um esboço da situação pode ser constatado na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7 - Número de Acidentes por Setor de Atividade Econômica de 1998 a 2000

SETOR DE ATIVIDADE ECONÔMICA	Anos	QUANTIDADE DE ACIDENTES DO TRABALHO REGISTRADOS			
		Total	Motivo		
			Típico	Trajetos	Doença do Trabalho
1º) Indústria	1998	189.803	164.007	11.960	13.836
	1999	174.172	151.205	12.083	10.884
	2000	159.732	137.820	12.996	8.916
2º) Transformação	1998	144.498	123.790	8.696	12.012
	1999	134.128	115.828	8.802	9.498
	2000	123.598	106.539	9.486	7.573
3º) Agricultura	1998	32.892	31.376	996	520
	1999	28.999	27.627	1.028	344
	2000	20.641	19.440	909	292
4º) Construção	1998	31.959	29.060	1.963	936
	1999	27.826	24.950	2.008	868
	2000	25.423	22.433	2.144	846

Fonte: DATAPREV, CAT.

Neste quadro é visível o maior número de acidentes no setor industrial e de transformação, característicos das regiões que possuem maior concentração urbana e industrial. Uma visão geral da situação pode ser vista através de estatísticas atualizadas apresentadas pelo Ministério do Trabalho, permitindo que se tenha uma idéia aproximada de como esta se desenvolvendo a questão, conforme apresentado nos mapas estatísticos incluídos no ANEXO V, onde se pode observar que o grupo da metalurgia, é o de indústrias com maior incidência, destacando-se nos estados de maior urbanização e industrialização, como São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e, em menores proporções, nos estados de Santa Catarina e Maranhão.

As transformações do mercado de trabalho tem gerado novas formas de organização, do tipo flexibilização produtiva, em que acaba por incentivar uma precarização do trabalho, com

aumento do trabalho informal, onde, sem muitas opções na busca do auto-sustento, o trabalhador acaba se expondo a condições insalubres e perigosas. (FREITAS, N. et al., 2000).

Por fim, entre diversos fatores históricos e culturais, a situação dos direitos dos trabalhadores é colocada em condições relativas quando confrontadas com os direitos atestados pela Constituição, onde ainda não se atingiu um esperado ponto de equilíbrio na constante luta entre capital e trabalho.

3.3 Identificação das Micro e Empresas de Pequeno Porte

As microempresas e empresas de pequeno porte, tem suas definições incluídas na Lei Nº 9.841, que institui o Estatuto da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte, sancionada em 5 de outubro de 1999; onde se concede um tratamento jurídico diferenciado a estes tipos de empresas, e as caracteriza basicamente na definição apresentada em seu CAPITULO II, onde considera :

I - microempresa, a pessoa jurídica e a firma mercantil individual que tiver receita bruta anual igual ou inferior a R\$ 244.000,00 (duzentos e quarenta e quatro mil reais);

II - empresa de pequeno porte, a pessoa jurídica e a firma mercantil individual que, não enquadrada como microempresa, tiver receita bruta anual superior a R\$ 244.000,00 (duzentos e quarenta e quatro mil reais) e igual ou inferior a R\$ 1.200.000,00 (um milhão e duzentos mil reais).

O parágrafo 3º deste capítulo esclarece que O Poder Executivo atualizará os valores constantes dos incisos I e II com base na variação acumulada pelo IGP-DI, ou por índice oficial que venha a substituí-lo.

Entretanto, neste mesmo capítulo, ela apresenta restrições de característica básica:

Art. 3º Não se inclui no regime desta Lei a pessoa jurídica em que haja participação:

I - de pessoa física domiciliada no exterior ou de outra pessoa jurídica;

II - de pessoa física que seja titular de firma mercantil individual ou sócia de outra empresa que receba tratamento jurídico diferenciado na forma desta Lei, salvo se a participação não for superior a dez por cento do capital social de outra empresa desde que a receita bruta global anual ultrapasse os limites de que tratam os incisos I e II do art. 2º.

Parágrafo único. O disposto no inciso II deste artigo não se aplica à participação de microempresas ou de empresas de pequeno porte em centrais de compras, bolsas de subcontratação, consórcios de exportação e outras formas de associação assemelhadas, inclusive as de que trata o art. 18 desta Lei.

Dessa forma propicia o aumento de criação e manutenção de empresas de capital restrito, onde se contrapõem os interesses das facilidades jurídicas às restrições de limites de capital e/ou maiores investimentos, incentivando uma categoria de tipo de empresa que abrange um grande contingente de geração de empregos. Contudo, suas limitações são utilizadas como argumento para uma preocupação menor sobre qualquer benefício, além dos de obrigação legal, com relação à saúde do trabalhador ou à saúde ambiental.

TABELA 8 - Representação do Mercado de Micro e Pequenas Empresas – 1999

Quantidade (%)	Representação - em 4,5 milhões de estabelecimentos
4,8%	produção nacional
98,5%	empresas existentes no país
95%	empresas do setor de indústria
99,1%	empresas do comércio;
99%	empresas de serviço
60%	oferta de emprego
42%	peçoal ocupado na indústria
80,2%	empregados no comércio
63,5%	Mão-de-obra do setor de serviços;
21%	Produto Interno Bruto (ou R\$ 189 bilhões)

Nota: SEBRAE/CDI, dados fornecidos por consulta através da Internet

Os dados na Tabela 8 mostram que o segmento de micro e pequenas empresas representam elevada capacidade de absorção de mão-de-obra e, sobretudo, responsável por parcela significativa do PIB brasileiro (21%). Note-se ainda que nestes dados não estão incluídos aqueles relativos às empresas de porte médio o que irá elevar ainda mais os percentuais do segmento em foco.

3.4 A Responsabilidade na Ocorrência de Eventos na Saúde do Trabalhador

É evidente que, nesse longo caminho em que a sociedade está se dirigindo à um ponto de equilíbrio entre capital e trabalho, etapas importantes têm que ser transpostas. Entre elas está a necessidade de se superar os limites das abordagens clássicas de análise de acidentes, como a tendência a uma relação monocausal, em que as empresas no Brasil se utilizam para transferir a culpa do evento, seja ele um acidente ou uma doença, como responsabilidade do próprio trabalhador. (FREITAS, *et al.*, 2000) Configura uma condição que pode ser observada, presente nas concepções oficiais sobre acidentes de trabalho, como nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e na Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), em que há um campo específico para preenchimento do objeto causador (grifo da autora).

É necessária a compreensão de que um acidente, uma doença, pode ser proveniente de condições muito mais complexas que um único evento. Inclui-se nesta abordagem a conceituação de ato e condição insegura, onde geralmente também não se avaliam as causas subjacentes de natureza organizacional e gerencial. De fato é pertinente que não se deve considerar para uma análise de acidente simplesmente os eventos anteriores e posteriores ao evento de risco, num contexto de “entre muros”, como no caso de uma indústria. O que ocorre na prática é que os efeitos destes acidentes podem ultrapassar este limite, extrapolando os “muros”, ampliando-se no espaço e no tempo. Ressalte-se neste contexto o significado das definições “oficiais” sobre acidentes do Trabalho extraídas da NBR14280 (antiga NB18), onde em resumo, são:

- *Acidente do Trabalho*: ocorrência imprevista e indesejável, instantânea ou não, relacionada com o exercício de trabalho, que provoca lesão pessoal ou de que decorre risco próximo ou remoto dessa lesão;

Obs: o acidente inclui tanto ocorrências que podem ser identificadas em relação a um momento determinado, quanto ocorrências ou exposições contínuas ou intermitentes, que só podem ser identificadas em termos de período de tempo provável. A lesão pessoal inclui tanto lesões traumáticas e doenças, quanto efeitos prejudiciais mentais, neurológicos ou sistêmicos, resultantes de exposições ou circunstâncias verificadas na vigência do exercício do trabalho.

- *Acidente sem lesão*: é o acidente que não causa lesão pessoal;
- *Acidente de trajeto*: acidente sofrido pelo empregado no percurso da residência para o local de trabalho ou deste para aquela, qualquer que seja o meio de locomoção, inclusive veículo de propriedade do empregado;
- *Fator pessoal de insegurança*: é a causa relativa ao comportamento humano, que leva a prática do ato inseguro;

- *Ato inseguro*: é o ato que, contrariando preceito de segurança, pode causar ou favorecer a ocorrência de acidente;

- *Condição ambiente de insegurança*: é a condição do meio, que causou o acidente ou contribuiu para a sua ocorrência;

Obs: O adjetivo ambiente inclui, aqui, tudo o que se refere ao meio, desde a atmosfera do local de trabalho até as instalações, equipamentos, substâncias utilizadas e métodos de trabalho adotados;

- *Lesão pessoal*: é qualquer dano sofrido pelo organismo humano, como consequência de acidente do trabalho;

- *Natureza da lesão*: é a expressão que identifica a lesão, segundo suas características principais;

- *Localização da lesão*: é a indicação da sede da lesão;

- *Análise do acidente*: é o estudo do acidente para a pesquisa de suas causas, circunstâncias e consequências e,

- *Estatística de acidente*: são os conjuntos de números relativos à ocorrência de acidentes, devidamente classificados.

Entretanto, de acordo com o SUS, a seguinte definição atende a caracterização dos acidentes:

- Acidentes de trabalho - é aquele que ocorre pelo exercício do trabalho, formal ou informal, podendo ocasionar lesão, doença ou morte. A lesão e a doença poderão levar à redução temporária ou permanente da capacidade para o trabalho. Considera-se acidente, também, aquele que, ligado ao trabalho, embora não tenha sido a única causa, tenha contribuído diretamente para a morte, a doença ou, ainda, a redução da capacidade para o trabalho; aquele que tenha sido sofrido pelo empregado ainda que fora do local do trabalho, seja no percurso (acidente de trajeto) da residência para o local de trabalho ou deste último para a residência.

Deste modo é caracterizado o que se conceitua como acidente, por si só, ficando restrito a causa imediata e suas consequências. Contudo, como no documento do SUS, constam as recomendações dos procedimentos adequados a serem tomados posteriormente ao acidente, com enfoque no direito trabalhista, como demonstrado na definição sobre procedimento, que orienta a acompanhar e articular a assistência na rede de referência para a prevenção das seqüelas; acompanhar a emissão da CAT pelo empregador; notificar e investigar o caso, visando desenvolver ações geradoras de intervenção no ambiente de trabalho e orientar sobre direitos

trabalhistas e previdenciários. Neste ponto, teoricamente é assinalado o papel exercido pelo SUS para com sua responsabilidade sobre o trabalhador – cidadão.

3.5 Medidas Preventivas

Os Riscos à saúde ocupacional e ao ambiente podem ser reduzidos ou eliminados com a implementação de medidas preventivas para poluentes atmosféricos. Elas podem ser a nível coletivo, no ambiente, como os EPC's – Equipamentos de Proteção Coletiva, ou a nível pessoal, como a utilização de EPI's – Equipamentos de Proteção Individual.

As medidas de proteção coletiva devem ser priorizadas sobre as de proteção individual, entretanto, deve-se utilizar os EPI's sempre que as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou não oferecerem completa proteção contra os riscos de acidentes de trabalho e/ou doenças profissionais e do trabalho.(BRASIL - NORMAS REGULAMENTADORAS, 1978) As medidas de proteção individual, os EPI's, são dispositivos de uso individual como as máscaras de proteção respiratória (reutilizáveis, descartáveis ou autônomas), óculos de proteção, protetores faciais, luvas, mangas, roupas especiais, botas, entre outros.

As medidas de proteção coletiva para poluentes atmosféricos podem ser instaladas sobre a fonte geradora de poluente com a utilização de sistemas de ventilação e de exaustão localizado, assim como os captosres, as coifas, as capelas, os dispositivos de retenção de poluentes, além de procedimentos de isolamento ou confinamento da fonte. Estas medidas também podem estar no ambiente (interno) sob a forma de sistemas de ventilação e exaustão geral, em composição com equipamentos de retenção de poluentes.

Medida de Prevenção Coletiva com Sistema de Retenção

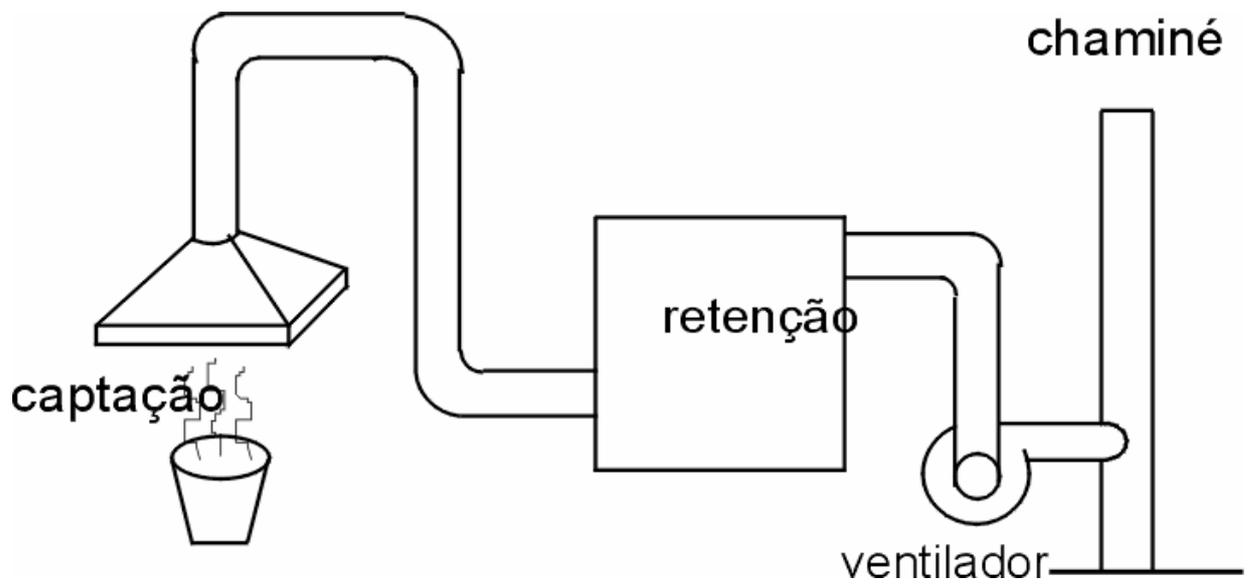


Figura 1 (*)

(*) Figura desenhada pela autora

4. SISTEMAS DE RETENÇÃO DE POLUENTES

Ante todo o exposto sobre os riscos dos contaminantes existentes nos ambientes, e principalmente nos ambientes internos das indústrias (“indoor”), conclui-se que é de fundamental importância a retirada destes contaminantes poluentes, do interior dos ambientes, contanto que os mesmos não transfiram seus efeitos nocivos e/ou degradadores para o ambiente externo. Com este objetivo existem diversos dispositivos para a retenção dos poluentes, após sua retirada do interior dos ambientes por métodos de ventilação e exaustão. Assim gases, vapores e poeiras contidos no ar deverão ser captados, e removidos de forma que o ar possa ser liberado depois para a atmosfera ambiente ou exterior, em condições no mínimo satisfatórias.

Os equipamentos que serão empregados na remoção dos poluentes devem ser selecionados de forma que leve em consideração:

- tamanho e concentração das partículas do contaminante (identificado);
- grau de purificação necessária;
- características do gás, ou ar, que transporta o poluente.

Usualmente, antecedendo o levantamento das características da partícula a ser retida, o seu diâmetro é a primeira condição a ser observada. No ANEXO VI, são apresentados dois quadros que relacionam o diâmetro das partículas, com os sistemas capazes de retê-las.

Nas características do gás ou do ar, importantes dados devem ser verificados, como a temperatura, ocorrência de vapor ou condensação de vapor d’água, composição química corrosiva, viscosidade, combustividade e agressividade química. Em relação aos contaminantes que estão sendo carregados através do gás ou do ar, também são igualmente relevantes os dados de sua concentração, solubilidade, combustividade, agressividade química e/ou biológica. Entretanto, a obtenção destes dados, que nem sempre estão corretamente descritos, registrados, e/ou documentados, é fundamental para uma escolha correta do equipamento. De forma análoga, a questão do trabalho real ser freqüentemente diferente do prescrito, torna-se essencial a verificação, através de levantamentos e avaliação das condições no local, para fornecer as informações necessárias na escolha do equipamento mais adequado à ser implementado: utilizando-se de vários recursos num levantamento, incluindo-se as avaliações dos contaminantes – como foi apresentado no capítulo 2, item 2.3 – *formas de avaliação*, subitens 2.3.3, 2.3.4 e 2.3.5, através de suas amostragens, métodos, técnicas e equipamentos utilizados.

4.1 Estratégia para Coleta de Dados

A relação de dados que devem ser levantados, como parte da estratégia a ser seguida, com a finalidade de controlar emissões oriundas de um processo industrial, é apresentada a seguir:

1º - informar qual o processo industrial que produz a emissão, identificando todas as possíveis fontes de uma maneira geral (estocagens, transportes, processos, limpezas / higienizações, etc) e o grau de purificação exigido;

2º- identificar se a indústria é pré existente, e se já existe algum tipo de controle e como ele é realizado, medindo-se processos e monitorando-se a eficiência;

3º- pesquisar e identificar a natureza/composição física e química do material especificado, além das características do ar ou gás transportador do poluente;

4º- pesquisar quantidade & qualidade: períodos de emissão, volumes, concentrações e tamanhos das partículas;

5º- pesquisar e analisar os limites de tolerância para cada tipo de emissão, sendo que esta fase poderá ter uma previsão do grau de risco das emissões identificadas, considerando-se sua toxicidade, contaminações possíveis que podem se constituir como poluição do ar, poluição ambiental, inclusive os riscos no caso de ocorrer um acidente;

6º- verificar se o processo (e informações) prescrito é o processo real;

7º- analisar a área geográfica, para saber qual vai ser o “comportamento” da emissão, em relação a sua dispersão – considerando-se o clima da região/local, sua temperatura, umidade, pressão atmosférica, ventos e vizinhanças (tipo de ocupações e relevo).

Com os dados necessários levantados e, após diagnóstico realizado, segue-se para uma avaliação dos equipamentos que existem e suas características de adequação, definindo o melhor processo (s) / tecnologia(s) de controle.

Faz-se oportuno uma breve ilustração dos princípios básicos utilizados nos processos para retenção de poluentes - processos físicos/químicos Estes processos são largamente utilizados em

diversas indústrias. Na remoção dos poluentes gerados no interior das indústrias, se tem por finalidade principal a captação destes de forma a não causarem uma contaminação para a atmosfera externa ao ambiente de trabalho. A seguir apresenta-se uma ampla visão de suas principais características, com considerações sob a forma de coletânea realizada em bibliografia e acompanhada por uma supervisão de especialistas da área. No ANEXO VII apresenta-se uma relação com os processos de retenção e as características que foram consideradas relevantes no levantamento destes processos, quanto a sua implementação na prática, onde também são apontadas as vantagens e desvantagens dos mesmos.

4.2 Processos Físico / Químicos Utilizados na Retenção de Poluentes

Estes processos podem ser descritos como:

- por gravidade: onde o princípio básico é a redução da velocidade de fluxo do gás para que o particulado nele contido se deposite;
- por força centrífuga: a aplicação de uma força superior a da gravidade promove a separação do particulado misturado ao gás;
- por impactação: quando ocorre o lançamento das partículas sobre película de líquido, filtros úmidos ou “molhados”;
- por retenção mecânica: é a utilização de barreiras de passagem menores que o tamanho do particulado contido num gás;
- por captação eletrostática: utiliza a aplicação de campo elétrico para captação da partícula;
- Adsorção: onde a captação do contaminante é realizada por material adsorvente;
- Absorção: quando o contaminante entra em contato com meio líquido dissolvente;
- Condensação: mudança do estado físico (do gás para líquido) permite a captação do contaminante;

- Combustão: proporciona reação química de oxidação com o oxigênio do ar.

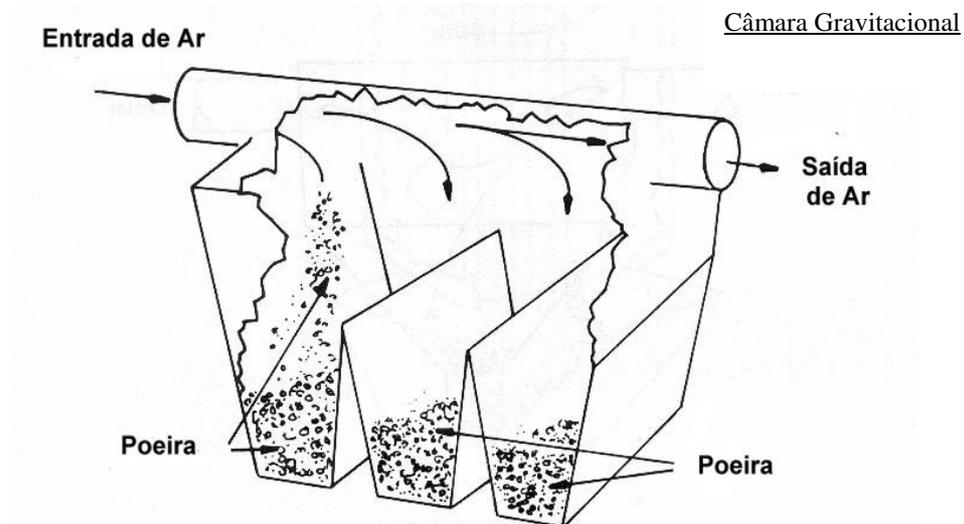
4.3 Principais Considerações sobre os Sistemas de Retenção

Conjunto de dados e considerações relevantes levantados em pesquisa bibliográfica

4.3.1 Coletores de Poeiras / Partículas.

4.3.1.1 *Câmaras gravitacionais, Coletores Gravitacionais ou de Impactação, ou Câmaras Inerciais :*

Principalmente utilizado para partículas grossas, de 100 a 10.000 μ .



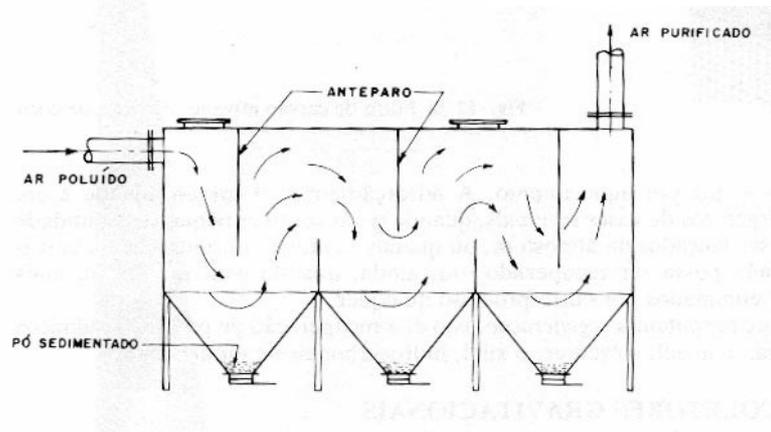
Fonte: SELL, 1992, pg 41.

Figura 2

A dimensão da câmara é maior para as pequenas e médias partículas também se depositarem, ocupando mais espaço, tornando-se antieconômica. Por este motivo, em geral ela é utilizada como um pré coletor, como um primeiro estágio de um processo de coleta. A dificuldade de deposição que as pequenas e médias partículas tem devido a turbulência com componentes verticais no movimento do ar pode ser superada com o emprego de câmaras gravitacionais múltiplas.

Uma melhor solução para a deposição de pós finos, é a utilização das câmaras com chicanas – placas dispostas alternadamente que geram a formação de rodamosinhos de eixo perpendicular

Câmara Gravitacional com Anteparos



ao sentido do escoamento.

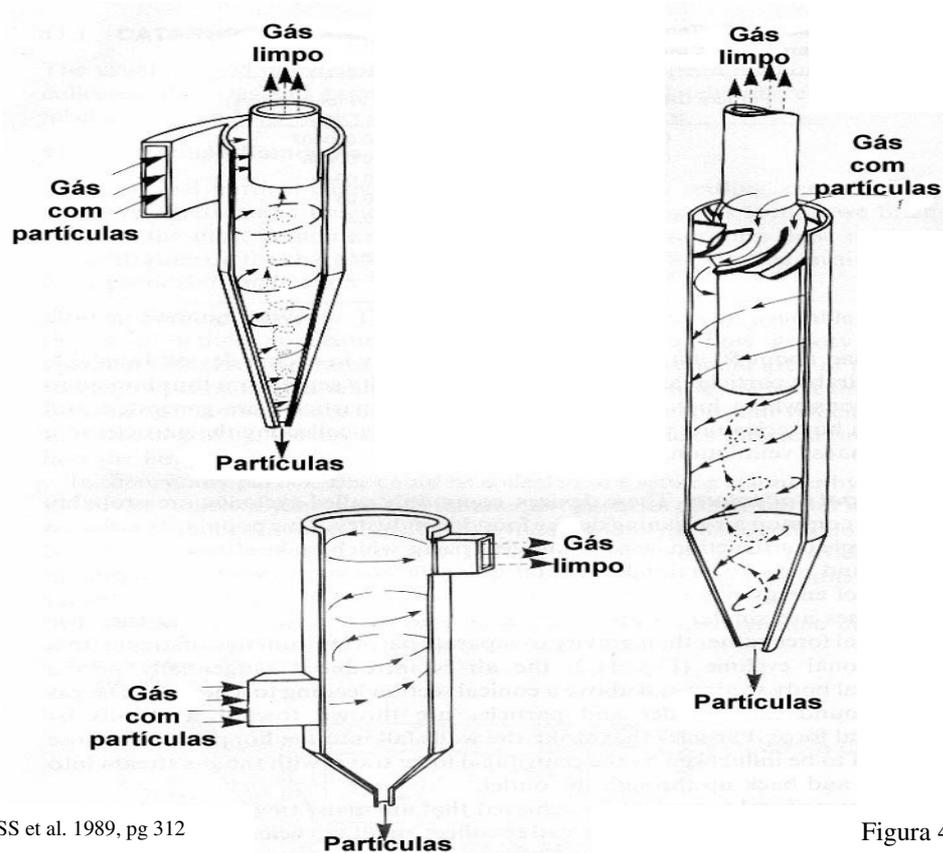
Figura 3

Fonte: Macintyre, 1990, pg 304.

As câmaras de Impactação são as mais indicadas para partículas de maior tamanho e elevado peso específico. Funcionam satisfatoriamente para partículas de 50 a 200 μ .

4.3.1.2 *Ciclones ou Coletores Centrífugos*

Ciclones (modelos)



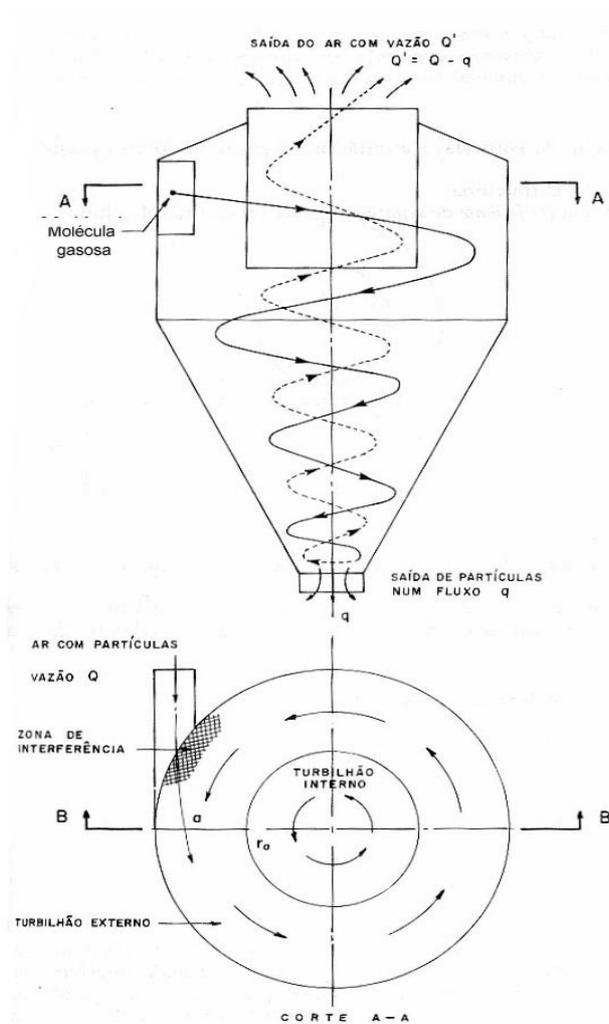
Fonte: BURGESS et al. 1989, pg 312

Figura 4

É utilizado para partículas a partir de 5 até 10.000 μ , e o equipamento tem melhor capacidade de coletar menores partículas do que os coletores gravitacionais.(BURGESS, W.A. et al, 1989)

Este equipamento permite coletar tanto partículas sólidas como líquidas, mas não deve ser empregado para poeiras pegajosas ou outros materiais que não cairão (deslizarão) facilmente pelas paredes para serem coletados num coletor de espera. .(BURGESS, W.A. et al, 1989) Sua constituição convencional pode ser caracterizada por um cilindro, com base cônica, contendo dois turbilhões no seu interior: um periférico externo descendente e outro central ascendente.

Ciclone (vista e corte)



Fonte: MACINTYRE, 1990, pg. 307. Figura 5

O conceito básico é para que o fluxo de ar entre tangenciando a periferia da parte superior do cilindro, ou cone, descendo num fluxo helicoidal, que ao atingir a parte inferior do cone, irá retornar como um fluxo helicoidal ascendente central, até atingir a parte superior do cilindro, onde encontra uma boca de saída. Dessa forma o gás desce em espiral pela seção cilíndrica do ciclone, e as partículas sob a influência da ação da força centrífuga, superior ao da gravidade, movem-se para fora da espiral até se chocarem ao corpo do ciclone. Assim são apanhadas por uma fina camada de ar próxima da parede, e carregadas para baixo por gravidade e coletadas num coletor de espera para poeira e removido do ciclone. (BUONICORE, A .J. et al, 1992) Partículas muito pequenas podem sair no fluxo do ar ascendente.

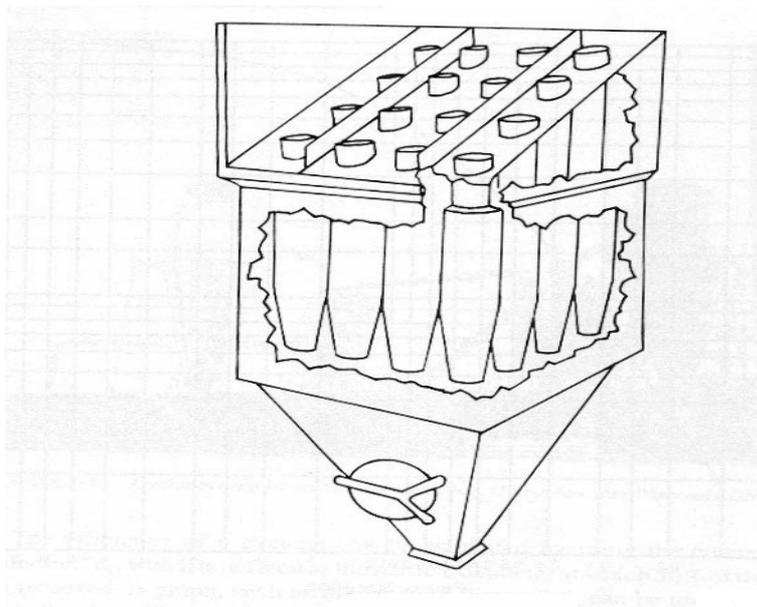
Deve-se considerar como um controle que pode produzir outro tipo de resíduo gerando por vezes a necessidade de acrescentar outra tecnologia de controle no processo, ou ser utilizado como elemento de pré-filtragem em sistemas com maior eficiência. É comumente utilizado para coleta de material particulado ou fibroso. Alguns cuidados importantes no desenho da entrada do fluxo na parte superior são aplicados quanto ao formato, como a inclusão de defletores para evitar o surgimento de uma “zona de interferência” entre o fluxo do ar que entra com as partículas de ar que estão completando a primeira volta. Sua eficiência depende da magnitude da força centrífuga aplicada sobre as partículas. Quanto maior esta força, maior será a eficiência na separação das partículas; a magnitude da força centrífuga geralmente depende da massa da partícula, da velocidade do gás dentro do ciclone e do diâmetro do ciclone. (BURGESS, W.A. et al, 1989)

Geralmente são desenhados com geometria similar de forma que a razão entre as dimensões mantém-se constante entre diferentes diâmetros. Os valores dessas razões determinam se o ciclone tem proporções convencionais, ou se é um tipo de alta eficiência. (BUONICORE, A .J. et al, 1992) É matematicamente comprovado que a força centrífuga sobre as partículas e a eficiência de coleta podem ser aumentados por decréscimo do raio do ciclone. Ciclones de maiores diâmetros têm boa eficiência de coleta para partículas com 40 à 50 μm em diâmetro. Ciclones de alta eficiência com diâmetro de 23 cm (9 in) ou menos, têm boa eficiência para partículas de 15 a 20 μm . (PEAVY, H. S. et al, 1985) Pequenos Ciclones, agrupados em paralelo, são utilizados geralmente para atender a equipamentos individuais com pequena carga poluidora, é a forma que os torna mais eficientes. Podem ser equipamentos relativamente pequenos e ser integrado facilmente em sistemas de exaustão.

Por não alcançar padrões de emissão rigorosos, pode ser utilizado como um pré-separador para outros dispositivos mais eficientes na remoção de partículas. Em geral é um processo de baixo custo, simples de construir e de fácil manutenção, podendo ser utilizado com gases em temperaturas elevadas (acima de 980°C) ou corrosivos, além de coletar tanto partículas sólidas como líquidas. (BUONICORE, A .J. et al, 1992) Sua desvantagem é o baixo rendimento para partículas menores que 5 micra e sofre rápido desgaste quando a poeira é de alta dureza e utilizando-se velocidade elevada, podendo ocorrer entupimento quando a poeira é pegajosa, higroscópica e em grande concentração. Também considera-se que consome grande quantidade de energia para coletar pequenas partículas. (BURGESS, W.A. et al, 1989)

Este equipamento tem sido utilizado com sucesso em indústrias de alimentos, grãos moídos, algodão, cimenteiras, fertilizantes, refinarias de petróleo, misturas asfáltica, e outras aplicações envolvendo grandes quantidades de gases contendo partículas relativamente grandes. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

4.3.1.2.a Ciclones Múltiplos



Ciclone Múltiplo

Fonte: SELL, 1992, pg 46.

Figura 6

É utilizado quando há necessidade de alta eficiência e grande capacidade em vazões, com varios dispositivos operando em paralelo, dentro de um compartimento, recebendo um gás, comum para todos os ciclones, entrando e saindo por uma câmara. O gás entra nos tubos através de umas aberturas axiais internas que proporcionam um movimento circular. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

A eficiência deste tipo de equipamento depende do arranjo dos tubos e seus respectivos diâmetros. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

É um processo que permite utilizar ciclones de pequeno diâmetro para tratar grandes fluxos. Onde a eficiência de limpeza pode ser maior do que 90% para particulados na faixa entre 5 à 10 μm . O pequeno raio dos cones aumentam a força centrífuga e também reduzem a distância que as partículas têm que percorrer para alcançar a parede da câmara coletora. (PEAVY, H. S. et al, 1985) A desvantagem dos pequenos ciclones são tal como os problemas de equalização do

fluxo de gás para cada cone, e da abrasão dos tubos devido a alta velocidade. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

4.3.1.3 *Filtros –Tecido / Fibras Naturais ou Artificiais /Metálicos /Papel.*

São utilizados para partículas de 0,1 a 1.000 μ . Este é um equipamento que igualmente aos anteriores, possui diversas classificações segundo a bibliografia, contudo, é um dos mais abrangentes, pois engloba categorias específicas com tipos variáveis, com constituição e aplicações bastante diversificadas.

Há classificações que distiguem em três tipos básicos de equipamentos: Filtros de Fibras; Filtros de alta eficiência para partículas aéreas e os Filtros de Tecido (ou pano). Os três tipos têm características e aplicações bem diferentes, mas todos podem ser utilizados em conjunto com sistemas de exaustão local.

4.3.1.3.a *Filtros de Fibra*

Os filtros de fibras têm classificação como Meio Filtrante, (BURGESS, W.A. et al, 1989 - TORREIRA, 1999) ou em formato de painéis compactados, ou mantas (MACINTYRE, 1990) O Meio Filtrante define os equipamentos que coletam partículas por sua captura aerodinâmica em elementos de filtro individual através da profundidade do filtro meio. São vários os tipos de fibras, ou grânulos, empregados neste dispositivo, entretanto, como seu processo é para reter o particulado em seu interior, geralmente sua limpeza ou reuso são difíceis, e por este motivo, em sua maioria é descartável. Suas principais aplicações são: pré-filtro para remover grandes partículas antes de um coletor, num segundo estágio, de grande eficiência; e também como filtro para poeiras que não podem ser facilmente coletadas ou limpas de outros coletores. Um exemplo da primeira aplicação é em filtragem de fornos comuns. Para a segunda aplicação seria o filtro de fibra de camada profunda, utilizado para coletar partículas pegajosas. (BURGESS, W.A. et al, 1989)

Os filtros utilizados em *sistemas de ar condicionado* são utilizados para obter um certo grau de limpeza, obedecendo a determinadas exigências estabelecidas em aplicações, onde podem ser divididos em três categorias, de acordo com a composição do meio filtrante: filtros em meio filtrante viscoso; filtros com meio filtrante seco e filtros com meio filtrante seco de alta eficiência.

i) Filtros com meio filtrante viscoso:

- bom para coletar partículas maiores de 10 μ ;
- utilizado como pré-filtro em sistemas que tratam da contaminação atmosférica normal;
- retém as partículas por processo de intercepção direta ou impacto inercial;
- em geral é constituído de forma plana e de pouca profundidade.
- o meio filtrante é formado por fibras grossas, em camadas, e de grande porosidade, e se forem camadas finas, terão boa capacidade de retenção;
- o fato de ser impregnado (banhado) por substância viscosa como glicerina ou óleo dá a característica viscosa ao filtro;
- o tempo de vida útil vai ser sinalizado pela secagem da substância impregnada, e quando houver queda de pressão, e ocorrer saturação;
- possui duas configurações básicas de composição interna da trama, com variações de densidade e da velocidade da filtragem, sendo o de densidade interna variável (progressiva) – menor velocidade; e o de densidade uniforme – alta velocidade.(CARRIER AIR COND. Co, 1970). O de alta velocidade pode ser afetado se houver grande quantidade de fiapos;
- pode ser constituído por fibras grossas de vidro, crina, fibras vegetais, fibras sintéticas, lã metálica além de variadas configurações de peneiras metálicas, crivos de malha, malhas de tecido, metal estampado, placas, ou combinações destes;
- é empregado em sistemas fixos (de instalação) ou de renovação automática, sendo que os automáticos apresentam uma resistência constante a corrente de ar, possuindo dispositivos de mecanismo temporizado ou sensível a pressão, utilizando filtro em forma de bobinas de mantas. (TORREIRA, 1999; CARRIER AIR COND. Co, 1970).

ii) Filtros com meio filtrante seco:

É constituído por de meios filtrantes de diferentes materiais e de diferentes espessuras. Os meios filtrantes podem ser metálicos, de fibras de vidro, de celulose, feltros e fibras sintéticas. Também é empregado em sistemas fixos (de instalação) ou de renovação automática, sendo que os automáticos apresentam uma resistência constante a corrente de ar, possuindo dispositivos de mecanismo temporizado ou sensível a pressão, utilizando filtro em forma de bobinas de mantas.

Normalmente, quando de sistema fixo, são constituídos por um quadro ou estrutura metálica na forma de bolsas ou dobras em forma de “V” (filtro em cunha) – para aumentar a área de superfície de filtragem em relação à área da seção transversal, ou mesmo em módulos planos, com modelos apropriados para serem instalados em paredes ou em dutos.

O meio filtrante seco possui a trama mais “fechada” que o viscoso, com velocidade do ar menor que a resistência que o filtro apresenta. O rendimento depende do tamanho e separação das fibras, além de suas propriedades. Fibras pequenas, densamente distribuídas, se obtêm maiores rendimentos, mas podem ser também de alta resistência, com curta duração e baixa capacidade de retenção.

Devido as varias composições de meio filtrante e dispositivo de suporte, abrange uma ampla gama de eficiências, atingindo faixas de 99,9997 a 99,9999 % – com os filtros Ulpa; entre 99,97 e 99,99 % - filtros Hepa, e outros atingindo faixas de 95 a 45 % de eficiência. (TORREIRA, 1999)

iii) Filtros com meio filtrante seco de Alta Eficiência:

São fabricados com superfícies estendidas profundas, usando como material filtrante papéis com fibra de vidro. Geralmente são empregados em ambientes hospitalares, centros de processamentos de dados, produção de componentes microeletrônicos, produtos fotográficos, centrais de ar condicionado, ou outro ambiente que requeira a maior filtração absoluta possível, necessitando de ar com elevado grau de pureza. Em geral são muito eficazes para eliminação de virus e bactérias, e por isso é especialmente indicado para centros cirúrgicos, laboratórios farmacêuticos e de análise de pesquisas no campo químico e bioquímico.

Pode captar partículas radioativas. Possui eficiência mínima de 99,97%, retém partículas de até 0,3 μ . São denominados filtros HEPA (Hight Efficiency Particulate Air). Sua eficiência é creditada por um ensaio, DOP-Test (DOP→aerossol homogêneo resultante da condensação de vapores de dioctil ftalato), que dá o rendimento do filtro em função da tendência à dispersão de luz das partículas de fumo de 0,3 μ .

A velocidade do ar tem influência no mecanismo de retenção das partículas no interior deste filtro. Nas menores velocidades há maior possibilidade de uma partícula ser desviada de

sua trajetória pelo mecanismo de difusão browniana (mecanismo eficiente para reter partículas de tamanho molecular), e impactar contra a fibra. Com maior velocidade a possibilidade é favorável a retenção por inércia (para partículas pouco maiores).

Estes filtros possuem algumas classificações, sendo a do IES – Institute of Environmental Sciences, em 5 categorias:

- Tipo A; Classe Industrial – filtragem de ar de insuflamento em áreas não críticas, em processos de indústrias de alimentos, em hospitais, etc.
- Tipo B: Classe Nuclear – aplicação em departamento de energia, reatores comerciais e foguetes.
- Tipo C: Classe laminar – capelas de fluxo laminar ou unidirecional, salas limpas, fábricas de semicondutores e injetáveis.
- Tipo D: Classe VISI – (Very Large Scale Integrated) – produzido por fabricantes norte-americanos, especificamente para aplicar em fábricas de semicondutores e injetáveis.
- Tipo E: para aplicação onde existam riscos biológicos ou áreas contaminadas. (TORREIRA, 1999)

4.3.1.3.b Filtros de Alta Eficiência para Partículas Aéreas

Além dos filtros HEPA mencionados para os sistemas de ar condicionado, tem-se os filtros ULPA (Ultra Low Penetration Air). Eles inicialmente tinham eficiência média mínima de 99,999%, medida com 0,3 μ , medida por uma técnica recomendada pelo I.E.S. Devido a exigência das indústrias de microeletrônica, sua usuária, alcançou-se uma eficiência mínima de 99,9995% em 0,12 μ . As exigências para sua aplicação possibilitou desenvolver aparelhos mais sensíveis para detectar e produzir partículas cada vez menores. Um deles é o de núcleo de condensação, que pode medir partículas de até 0,02 μ . Conforme sua classe, podem variar entre 99,9997% e 99,9999%. Os quadros são construídos de alumínio extrudado e madeira compensada auto-extinguível, com vedação entre o meio filtrante e o quadro de poliuretano sólido, ou neoprene, ou outros selos fluidos. Os papéis utilizados para filtro são fabricados utilizando microfibras de borossilicato.

Estes filtros são construídos em papel com pregas contínuas, com separadores de alumínio, mas a presença do alumínio pode gerar contaminações, por isso alguns são autoportantes (sem separadores), com mais quantidade de papel para o mesmo volume.

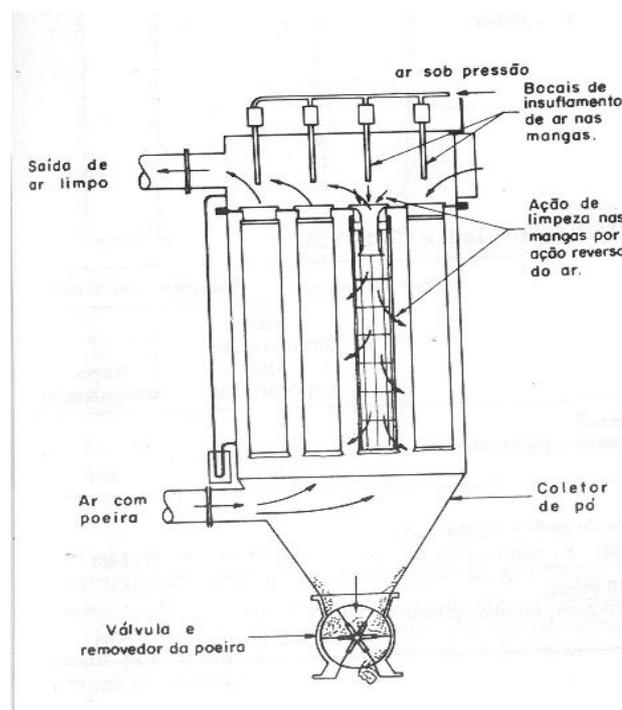
(TORREIRA, 1999; CARRIER AIR COND. Co, 1970)

4.3.1.3.c Filtros de Tecido também conhecido como Filtros de Pano ou Filtro de Feltro
(Filtros de Manga).

É um equipamento muito utilizado e bem aceito na indústria em sistemas de ventilação local. Os filtros são constituídos por pedaços de pano costurado em forma de cilindros ou envelopes e montados, conforme exposto anteriormente, num compartimento -“baghouse”. Durante a operação, o ar de exaustão é direcionado através do tecido por um ventilador, e as partículas tanto são coletadas pelo próprio tecido como por uma camada de pó criada na superfície deste tecido (por acumulo de pó), e depois são recolhidos por uma corrente de exaustão de saída. (BURGESS, W.A. et al, 1989) O ar normalmente penetra pela parte interna, quando a boca do saco de tecido fica embaixo, e sai deixando as impurezas no lado de dentro. Quando se emprega uma armação interna de vergalhões para manter a manga com a forma cilíndrica, o ar penetra de fora para dentro e sai pela parte central pela boca colocada na parte superior. (MACINTYRE, 1990)

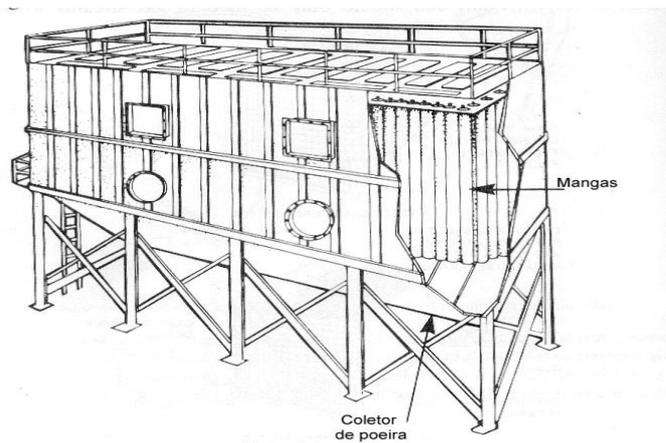
Eles são capazes de remover a maior parte de partículas tão pequenas quanto $0,5 \mu\text{m}$ e também removerão substancial quantidades de partículas tão pequenas quanto $0,1\mu\text{m}$. Sua arrumação pode ser pequena o bastante para caber numa pequena sala, ou ser tão grande, que o tamanho da edificação da própria indústria irá parecer pequena, proporcionalmente ao seu compartimento - “baghouse”. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Filtro de Manga



Os Filtros de Tecido são instalados em compartimentos denominados de “baghouses”, que usualmente denominam o próprio sistema. Há, entretanto algumas distinções quanto ao processo de limpeza destes filtros, além da variedade de tipos, composição de tecidos.

As partículas que se alojam na superfície dos filtros (“bags”), fazem com que a resistência a passagem do ar se eleve, e antes que esta diferença de pressão se torne muito severa, os filtros devem ser aliviados de parte destas partículas que formaram uma película, como uma camada na superfície do tecido. Estes filtros podem ser limpos intermitentemente, a períodos regulares, ou continuamente. (PEAVY, H. S. et al, 1985)



Fonte: BURGESS, 1999. pg. 314.

Figura 8

“Baghouse”

A forma pela qual a poeira é removida do tecido é um fator crucial na performance do sistema de filtro de tecido. Se a camada de poeira não for adequadamente removida, a resistência a passagem de ar através do sistema irá aumentar de forma excessiva, prejudicando o conjunto. Caso seja removida muita camada de poeira, irá ocorrer excesso de escape de poeira, até que se forme outra nova camada de poeira. Portanto a seleção dos parâmetros de seleção para este equipamento é muito importante na performance destes filtros de manga. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

O seu processo de limpeza é tão importante nestes filtros, que é pelo método utilizado que normalmente é classificado tipo de filtro. Desse modo, os métodos para remoção do pó dos filtros de pano são: fluxo reverso, agitação, e jato reverso (BURGESS, W. A. et al, 1989), descritos a seguir.

Fluxo reverso: consiste em várias unidades de mangas modulares em arranjo paralelo. Cada módulo contém várias mangas de filtro, dispostos em paralelo. Eles são fechados no topo e montados sobre um tubo na base, que leva o ar com poeira, pelo interior do filtro, inflando-o. O ar passa da face interna para a externa, criando a camada de pó em sua superfície interna. A disposição é em paralelo para permitir que cada módulo seja “tirado de linha” (desligado) por um curto período de tempo enquanto é realizada sua limpeza, possibilitando que os outros módulos continuem em operação. A remoção da camada de pó na superfície interna é feita através de uma reversão no sentido do fluxo de ar, passando a vir de fora para dentro da manga, isto é, da superfície externa em direção a interna, fazendo com que a camada de pó interno caia numa espera coletora abaixo do conjunto de filtros de um dos módulos. (KABEL & HEINSHON, 1999)

Se este processo de limpeza sob fluxo de gás de baixa velocidade for bem sucedido, o tecido não é exposto a um movimento violento, e isto permitirá uma maior vida útil para as mangas de pano. Existe também uma variação de design deste dispositivo, em que alguns autores citam que se utiliza como complemento a este método, o de agitar (“shaker”), ou inversamente, que o método de fluxo de ar reverso, de forma branda, é utilizado como um complemento do método de agitar. (KABEL & HEINSHON, 1999; BURGESS, W.A. et al, 1989)

A desvantagem deste processo é que ele necessita de um sistema de “dumpers” para fechar o fluxo principal e abrir o fluxo reverso (invertido), o que tende a tornar mais complexo o desenho do compartimento “baghouse” e sua operacionalização, aumentando custos de construção e operação. (BURGESS, W.A. et al, 1989)

Normalmente é utilizado em compartimentos (“baghouses”) de grandes capacidades, na filtragem de poeiras que são difíceis de serem removidas apenas pelo o método da agitação. (BURGESS, W.A. et al, 1989)

Agitação: é o método em se realiza a limpeza pela ação de sacudir a manga. É o processo mais simples e antigo, onde o topo do filtro recebe um movimento de oscilação, que faz com que o tecido, flexível, ao ser sacudido solte a camada de poeira coletada, e esta caia no coletor de espera. (BURGESS, W.A. et al, 1989)

O fluxo de saída de ar deve ser desligado antes de se realizar a agitação da manga, de forma a permitir que o pó ao se soltar caia no coletor de espera embaixo. (BURGESS, W.A. et al, 1989)

Este método, guardadas as devidas proporções, também pode ser realizado manualmente. (MACINTYRE, 1990)

Em geral constitui-se num compartimento simples, numa unidade. Caso seja implementado num processo de filtração que não pode ser interrompido para um período de limpeza, pode se construir várias seções separadas, varias unidades. (ALDEN & KANE, 1981)

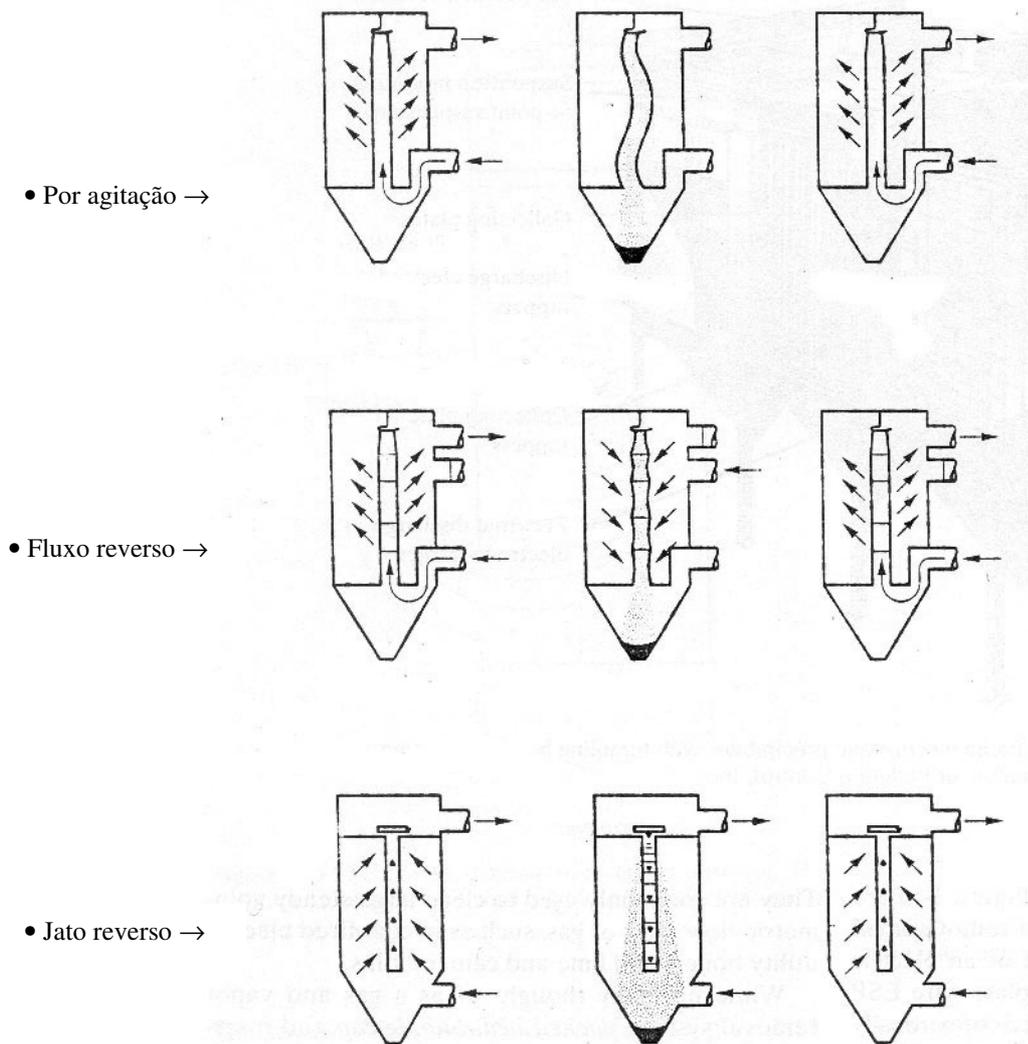
Jato reverso: coleta a poeira depositada na superfície externa da manga. Neste equipamento, o fluxo de ar com a poeira desloca-se da face externa da filtro de tecido para seu interior, retendo a poeira na superfície externa da manga. Igualmente ao outros métodos, os filtros são dispostos no interior de um compartimento, “baghouse”, sendo que o fluxo do ar com poeira usualmente é ascendente, e para a coleta da poeira retida, é aplicado um jato de ar comprimido, descarregado de um dispositivo localizado na parte superior da manga. Assim invertendo o sentido do fluxo de entrada de ar, passando da superfície interna para a externa, mas com alta pressão, de forma que soltará a poeira instalada na face externa, e esta cairá num coletor de espera na parte de baixo do equipamento. O jato de ar comprimido atua por uma fração de segundo, e as mangas são normalmente limpa de forma que se faz uma fileira de mangas em cada período de tempo de limpeza, e assim o total de área de tecido que fica fora de serviço é muito pequena considerando o curto tempo de duração do procedimento de limpeza. (ALDEN & KANE, 1981)

Comparando os métodos de limpeza jato reverso e fluxo reverso, considerando que são para limpeza contínua sem interrupção do processo de filtração, o jato reverso tornou o de fluxo reverso obsoleto devido as exigências de manutenção. (ALDEN & KANE, 1981)

Estes filtros podem ter em seu desenho, uma armação estrutural interna como um suporte, similar a uma gaiola de arame. A camada de poeira é periodicamente removido por jato de ar comprimido dentro da manga, provocando uma repentina expansão do filtro, removendo a poeira primariamente por forças inerciais, quando a manga alcança sua expansão máxima. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Os filtros de Tecido tem muitas aplicações, comum a eficiência de coleta em uma ampla taxa de tamanho de partículas, com possibilidade de um desenho extremamente flexível e habilidade de tratar grandes volumes de gases com velocidades relativamente altas, razoável resistência a passagem do ar e de consumo de energia. São normalmente empregados em locais de alto volume de operação, como indústria de cimento, fundições, fornos de aço, e indústrias de tratamento de grãos. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Método de Limpeza dos Filtros de Manga



Fonte: KABEL & HEINSOHN, 1999, pg 21.

Figura 9

Os filtros de Tecido tem muitas aplicações, comum a eficiência de coleta em uma ampla taxa de tamanho de partículas, com possibilidade de um desenho extremamente flexível e habilidade de tratar grandes volumes de gases com velocidades relativamente altas, razoável resistência a passagem do ar e de consumo de energia. São normalmente empregados em locais de alto volume de operação, como indústria de cimento, fundições, fornos de aço, e indústrias de tratamento de grãos. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Embora seja alta a eficiência destes equipamentos de filtração com tecido, independente da taxa de fluxo de volume, existem limitações em altas temperaturas e correntes gasosas próximas ao "ponto de orvalho", isto é, tem risco de condensação. (KABEL & HEINSHON, 1999)

4.3.1.3.d *Os Tipos de Tecido / Pano.*

Existem os tecidos confeccionados de fibra natural, como um algodão ou lã, que são muito empregados como filtros; além das fibras sintéticas que vem sendo desenvolvidas, o que tem ampliado a possibilidade de alcance no emprego de filtros de tecido. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Os materiais tradicionalmente utilizados na fabricação dos filtros de pano são o algodão e a lã, embora estes somente podem ser utilizados em temperaturas de até 82 a 90° C, respectivamente, e para ar seco. (MACINTYRE, 1990)

Os filtros de tecido apresentam capacidade de reter partículas mais finas de poeiras, acima de 0,1 microm. Neste caso são comumente empregados para captar poeiras de : moagem, mistura e pesagem de grãos de cereais; moagem de pedra, argila e minerais; trituração de cimento; limpeza por abrasão; pesagem e peneiramento de produtos químicos em grãos; trabalhos em madeiras, cortumes, fertilizantes, papel entre outros. Caso a concentração destas partículas for muito alta, utiliza-se uma pré-filtragem com um separador do tipo inercial para reter as partículas maiores. (MACINTYRE, 1990)

As fibras sintéticas tem sido largamente utilizadas para tecido de filtragem por causa de seu baixo custo, característica de resistência à temperatura e resistência química. A sintética utilizada inclui acetatos, acrílicos, poliamidas, poliésteres, poliolefinas, e cloreto de polivinila (PVC). Fibras para alta temperatura são especialmente utilizadas como Teflon, Ryton, P84, e fibra de carbono tem sido desenvolvida. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

A fibra sintética mais usada para aplicação em altas temperaturas, é a fibra de vidro. Uma das propriedades da fibra de vidro é possuir uma boa resistência ao calor, e a tensão de extendimento, o que atende adequadamente a muitos dos problemas inerentes a filtragem em filtro de manga. (BUONICORE, A .J. et al, 1992) As principais características da fibra de vidro, que a definem como uma alternativa de filtro, são as seguintes:

- é incombustível porque é completamente inorgânica.
- tem absorção de humidade zero; entretanto não está sujeita a condensação na superfície.
- possui estabilidade dimensional (baixo coeficiente de expansão linear).
- tem alta tensão de extendimento, mas muito baixa resistência a flexão e abrasão, entretanto existem alguns tratamentos químicos de superfície, como por exemplo, com silicone, grafite, teflon B, que melhoram a característica de flexão e abrasão da fibra de vidro.
- possui boa resistência para ácidos, mas é atacada por ácido fluorídrico.
- não tem muita resistência a soluções alcalinas, e por esta razão deve-se evitar operar em condições que possam ocorrer condensação. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

4.3.1.3.e Seleção de Filtro de Tecido

A escolha do material do tecido a ser utilizado para filtro de manga vai depender principalmente das condições de temperatura, do caráter ácido ou alcalino da mistura do ar com as partículas ou névoas. (MACINTYRE, 1990) A condição de identificação prioritária para a seleção do tecido é a temperatura que ele irá enfrentar. As temperaturas mais elevadas possuem menos opções de escolha de tecidos. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Na seleção da fibra deve ser dada atenção para os seguintes fatores:

- a) temperatura: a fibra deve ter uma temperatura de serviço máxima contínua maior do que a temperatura normal de aplicação. Se a temperatura aumenta rapidamente acima da ocorrência de alcance normal, a capacidade da fibra de agüentar estas condições deve ser considerada;
- b) corrosividade: a capacidade da fibra de resistir a degradação física dos níveis esperados de aplicação dos ácidos, álcalis, solventes ou agentes oxidantes devem ser esperadas;
- c) hidrólise: Efeitos de níveis esperados de umidade devem ser levados em conta;
- d) estabilidade Dimensional: se é esperado da fibra encolher ou esticar no meio ambiente aplicado, os efeitos de tal mudança devem ser considerados;
- e) custo: como qualquer produto de engenharia. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Entre os diversos critérios para se selecionar o meio a ser utilizado como tecido destes filtros (tipo manga), deve-se considerar como mais importante a compatibilização da fibra com os gases do meio ambiente e a configuração da fibra (seu desenho) e o tecido resultante. Isto englobará questões relativas a resistência do tecido ao seu natural auto-desgaste, levantando questões como a sua flexibilidade, que também implica na sua capacidade de limpeza e durabilidade. A sua permeabilidade, aliada aos possíveis tratamentos de superfície do tecido também devem ser analisados. Não podendo deixar de lembrar, entre tantos critérios, a sua capacidade de liberar a poeira acumulada - as camadas de poeira, onde a maciez de um tecido torna-o mais eficaz do que um áspero, aliada a influência de sua resistividade elétrica, que por sua vez depende da umidade. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Existem alguns tipos de tramas de tecido, que caracterizam a “aspereza” de um tecido. A conformação das ondulações, seus entrelaces, juntamente as características da fibra podem

produzir diferentes resultados e performances, conforme exemplificado na Tabela 9. Até as variações do cruzamento dos fios da fibras, as ondulações resultantes, compondo o desenho da trama do tecido podem ser definidos, e avaliados quanto a deformação posterior resultante. Há também os tecidos “não costurados”, onde seu processo de confecção é um tratamento diretamente sobre a rede (trama) de fibra, sem preparação dos fios da fibra, e sua estrutura é formada sob aplicação de meios mecânicos, térmicos ou químicos (fundindo as fibras) ou com aplicação de resinas adesivas. O tratamento final do tecido também é importante fator podendo colaborar na flexibilidade, permeabilidade, de forma a proteger a fibra, possibilitando estender o seu tempo de vida útil; inclui-se nestes tratamentos técnicas de pré-aquecimentos, e/ou adição de lubrificantes ou membranas (ex.: Gore-Tex), . (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

TABELA 9- Seleção de Tecidos Sintéticos – Suas Propriedades

Tecido	Máxima temperatura, °F	Resistência Ácida	Fluoride Resistência	Resistência Alcalina	Resistência a Flexão e Abrasão
Algodão	180	Pobre	Pobre	Boa	Muito Boa
Polipropileno	200	Excelente	Pobre	Excelente	Muito Boa
Poliéster	275	Boa	Pobre a razoável	Boa	Muito Boa
Nomex	400	Pobre a razoável	Boa	Excelente	Excelente
Teflon	450	Excelente	Pobre a razoável	Excelente	Razoável
Fibra de vidro	500	Razoável a Boa	Pobre	Razoável a Boa	Razoável

Fonte: BUONICORE, A .J. et al, 1992

4..3.1.3.f Seleção de Filtros

A escolha de um filtro depende do tipo de pó e do “diâmetro” médio das partículas. A Tabela 10, fornece indicações quanto ao tamanho de partículas de diversos materiais, e a Tabela 11 a distribuição (em peso) das partículas, segundo seus diâmetros. (MACINTYRE, 1990)

TABELA 10 – Tamanho Médio Aproximado de Poeiras

Tipo de pó	Tamanho médio (μ)
Poeira no ar externo	0,5
Jato de areia	1,4
Corte de granito	1,4
Pedreira:	
- local de britagem	1,4
- local de filtragem	1,3
- moinho de discos	0,9
Fundição – ar geral	1,2
- separação de produtos	1,4
Corte de mármore	1,5
Corte de pedra sabão	2,4
Pó de alumínio	2,2
Pó de bronze	1,5
Mineração de carvão :	
- ar no britador	1,0
- ar da mina	0,9
- carregamento de carvão	0,8
- perfuração da rocha	1,0

Fonte: Macyntire, A .J. 1990 – Ventilação Industrial e Controle da Poluição (pág. 288).

TABELA 11 - Distribuição (em peso) das Partículas segundo os Diâmetros (em %)

Tipo de pó	Medida das partículas (μ) (mícron)							
	Inferior a 2	3 a 6	6 a 10	11 a 25	26 a 50	51 a 100	Superior a 100	Medida máxima
Areia (peneiramento)	11,7	22,7	28,0	29,3	7,1	1,2	–	104
Esmeril (operação a seco)	52,2	16,0	9,8	15,4	5,0	1,4	0,2	–
Antracito (pulverização no laboratório)	28,5	22,1	19,3	23,6	5,3	1,2	–	76

Gusa (torneamento)	73,0	8,8	6,6	8,1	2,3	1,0	0,2	124
Cobre (torneamento)	59,6	18,1	10,5	10,1	1,3	0,4	–	104
Chumbo (linotipo)	59,7	14,0	14,4	9,9	1,8	–	0,2	120
Óxido de zinco (fornode zinco)	6,0	16,6	27,5	30,8	13,4	4,7	1,0	146

Fonte: Macyntire, A .J. 1990 – Ventilação Industrial e Controle da Poluição (pág. 289).

A Tabela 12, reproduzida da Norma NBR 6401 da ABNT mostra os tipos de filtros de ar adequados as aplicações específicas segundo sua classe.

TABELA 12 -Tabela ABNT: Recomendações para Aplicações de Filtros de Ar ⁽¹⁾

Classe de Filtro²	Eficiência Obs,3,4,5(%)	Características	Aplicações Principais
G0	30 – 59	Boa eficiência contra insetos e relativa contra poeira grossa. Eficiência reduzida contra pólen de plantas e quase nula contra poeira atmosférica.	Condicionadores tipo janela.
G1	60 – 74	Boa eficiência contra poeira grossa e relativa contra pólen de plantas. Eficiência reduzida contra poeira atmosférica.	Condicionadores tipo compacto (<i>self contained</i>).
G2	75 - 84	Alta eficiência contra poeira grossa. Boa eficiência contra pólen de plantas e relativa contra a fração grossa (75 μ)	Condicionadores de sistemas centrais.

		da poeira atmosférica.	
G3	85 e acima	Boa eficiência contra fração grossa (>5 μ) da poeira atmosférica.	Condicionadores dos sistemas centrais pré-filtragem para filtros finos F2 e F3.
F1	40 - 69	Eficiência satisfatória contra a fração fina (1 – 5 μ) da poeira atmosférica. Pouca eficiência contra fumaças de óleo e tabaco.	Condicionadores de sistemas centrais para exigências altas. Pré-filtragem para filtros finos F3.
F2	70 – 89	Boa eficiência contra a fração fina (1 - 5 μ) da poeira atmosférica. Alguma eficiência contra fumaças de óleo e tabaco.	Condicionadores de sistemas centrais para exigências altas. Pré-filtragem para filtros absolutos.
F3	90 e acima	Alta eficiência contra a fração fina (1 - 5 μ) da poeira atmosférica. Eficiência satisfatória contra fumaças de óleo e tabaco. Razoavelmente eficiente contra bactérias e fungos microscópicos.	Pré-filtro para filtros absolutos. Precisa pré-filtragem, por sua vez.
A1	85 – 97,9	Boa eficiência contra a fração ultrafina (< 1 μ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos.	Sala com controle de teor de poeira. Precisa pré-filtragem.
A2	98 – 99,96	Alta eficiência contra fração ultrafina (< 1 μ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias e fungos microscópicos.	Salas com controle de teor de poeira, zonas assépticas de hospitais (exigências altas). Precisa pré-filtragem.
A3	99,97 e acima	Eficiência excelente contra fração ultrafina (< 1 μ) da poeira atmosférica, fumaças de óleo e tabaco, bactérias, fungos microscópicos e vírus.	Salas limpas das classes 100, 10000 e 100000 (Nota e). Salas e cabinas estéreis para operações cirúrgicas e

			<p>ortopédicas (exigências particularmente altas).</p> <p>Todas as instalações que requerem teste de estanqueidade (<i>leak test</i>).</p> <p>Precisa pré-filtragem.</p>
--	--	--	--

⁽¹⁾ As recomendações baseam-se nas da ASHRAE e também nas seguintes:

-para filtros grossos e finos: na diretriz SWKI 68-3 da Associação Suíça de Engenheiros de Aquecimento e Condicionamento de Ar (SWKI).

-para filtros absolutos: no projeto de norma DIN 24184 de julho de 1972 da Associação dos Engenheiros Alemães (VDI).

⁽²⁾ Fonte: ASHRAE Handbook of fundamentals – 1972.

Notas:

a) Os filtros são divididos em três classes: grossos (prefixo G), finos (prefixo F) e absolutos (prefixo A).

b) Para filtros grossos (G0-G3): teste gravimétrico conforme AFII do American Filter Institute ou ASHRAE 52-68.

c) Para filtros finos (F1-F3): teste calorimétrico conforme AFI – Dust spot do do American Filter Institute ou ASHRAE 52-68.

d) Para filtros absolutos (A1-A3): teste fotométrico “DOP TEST” ou conforme U.S. Military Standard - MS 282, ou da chama de sódio – British Standard – BS 3928.

e) Classificação das câmaras limpas conforme U.S. Federal; Standard 209 b de 24.04.1973.

4.3.1.4 *Precipitadores Eletrostáticos*

Eficiente para partículas com dimensões de 0,01 a 100 μ , névoas e fumos. Sua eficiência depende da não ocorrerem grandes variações das propriedades dos gases (temperatura, resistividade da poeira, taxas de fluxo de volumes, etc). Possibilita o tratamento de grandes vazões de gás em altas temperaturas.

É empregado em fábricas de cimento, termelétricas, aciarias, fábricas de celulose e papel, fundição de metais não ferrosos, fábrica de ácido sulfúrico e refinarias (gases dos sistemas de refrigeração catalítica). Tem como vantagens sua alta eficiência para as partículas muito pequenas, reduzido custo de manutenção e operação, o tratamento de grandes vazões, a perda de

pressão no escoamento muito baixa, e possuir a possibilidade de ser acrescido com células adicionais.

É empregado em fábricas de cimento, termelétricas, aciarias, fábricas de celulose e papel, fundição de metais não ferrosos, fábrica de ácido sulfúrico e refinarias (gases dos sistemas de refrigeração catalítica). Tem como vantagens sua alta eficiência para as partículas muito pequenas, reduzido custo de manutenção e operação, o tratamento de grandes vazões, a perda de pressão no escoamento muito baixa, e possuir a possibilidade de ser acrescido com células adicionais.

Seguem-se descrições de algumas características sobre variações de composição de precipitadores eletristáticos, mas que basicamente trabalham sob o mesmo princípio de retenção de poluentes.

i) Precipitador Eletrostático Formado por Chapas e Fios (*Plate-wire ESPs*)

Aplicado em grande variedade de Indústrias, como: fornos de cimento, incineradores de resíduos sólidos, aquecedores de combustível sólido, aquecedores para fábrica de papel, unidade de cracking catalítico de petróleo, em plantas de sinterização, fornos de arco elétrico, fornos a céu aberto, produção de gás a partir de carvão, fornos para vidro, entre outros.

Muito bom rendimento para grandes volumes de gás.

Neste equipamento, as partículas com alta resistividade (má condutoras), quando formam uma espessa camada na superfície do eletrodo positivo, dificulta a passagem da corrente para o eletrodo de descarga para a superfície do coletor, gerando um alto diferencial de potencial elétrico entre a camada superficial de partículas e a superfície do eletrodo coletor, podendo fazer com que o gás também se ionize produzindo centelhas e emissão de íons positivos, possibilitando a desagregação das partículas aderidas ao coletor, lançando-as ao fluxo novamente, e em seguida também para a atmosfera. Este efeito denomina-se “back corona”.

O efeito “back-corona” ocorre quando há partículas com alta resistividade (má condutora), gerando retorno de partículas para o fluxo (efeito denominado “back corona – onde corona é a região na qual os íons gasosos circulam). E quando as partículas são de baixa resistividade, também não se aglutinam, soltando-se com facilidade em direção ao fluxo, e posteriormente se recarregam e se soltam de novo até que saiam da zona de influência e escapem com o gás. Ao medir ou se estimar a resistividade, deve-se atenção porque ela é fortemente afetada por variáveis como temperatura, mistura, composição do gás, composição da partícula e características da superfície.

Em geral há necessidade de pancadas nas chapas para descolar as partículas coletadas (aderidas) determinando que as chapas sejam divididas em seções, frequentemente em três ou quatro séries, para poder ser sacudidas independentemente.

A poeira também se deposita nos fios de eletrodo de descarga, e periodicamente também deve ser removida em procedimento similar ao das chapas.

Este processo de descarte das partículas acumuladas, também projeta algumas partículas, retornando-as ao fluxo de gás, e que acabam se depositando novamente em seções subsequentes, embora no final do fluxo, na última seção, as mesmas acabem “escapando” da unidade.

ii) Precipitador Eletrostático Formado por Chapas Planas (Flat-plate Precipitators)

Este tipo pode ser considerado diferente de outros (como o plate-wire ou tubular ESPs), sendo que seu desenho opera igualmente bem tanto com polaridade positiva como com negativa; o que acaba promovendo a opção do fabricante pela positiva, com o intuito de reduzir o ozônio que a negativa poderá gerar. O efeito do “back corona” quase não ocorre neste tipo . (BUONICORE, A .J. et al, 1992) Tem ampla aplicação para partículas de alta resistência e pequeno diâmetro (1 –2 µm) médio de massa (MMDs). (BUONICORE, A .J. et al, 1992) É bem sucedido na coleta de fuligem (“fly-ash”- partículas finamente divididas de produtos de queima de carvão e óleo combustível, provenientes de fornalhas e queimadores de caldeiras e carregadas nos gases de combustão).

iii) Precipitador Eletrostático de Formato Tubular (Tubular Precipitators)

É considerado o ESPs original. Tem aplicação típica em “plantas” (industriais) de ácido sulfúrico. Opera com vários tubos em paralelo para tratar o aumento de fluxo de gás. Os tubos podem ter formato circular, quadrado, ou em hexagonal - favo de mel com fluxo de gás ascendente ou descendente.

Este tipo pode ser firmemente selado para prevenir vazamentos de material/substâncias, especialmente valiosos ou risco.

É constituído por unidade de um estágio e é o único que tem todo o gás passando através da região do eletrodo.

Normalmente é mais aplicado onde o particulado é tanto úmido como pegajoso. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

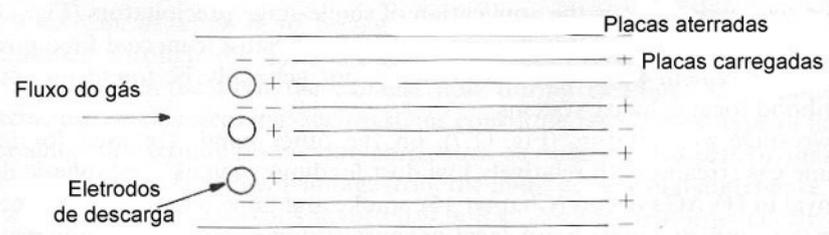
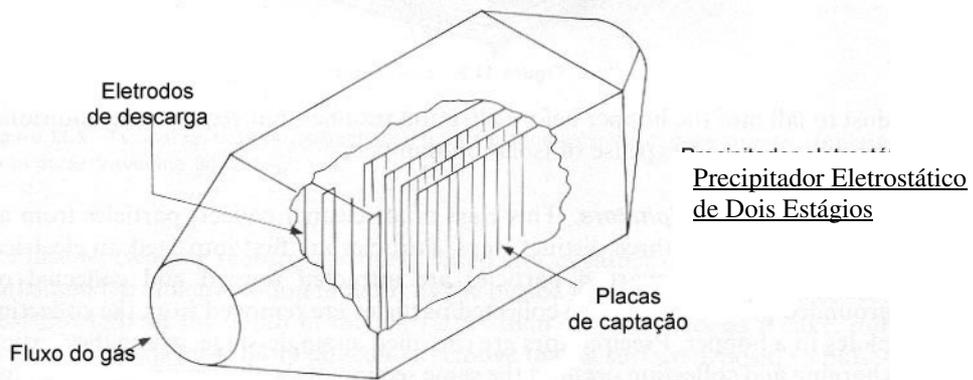
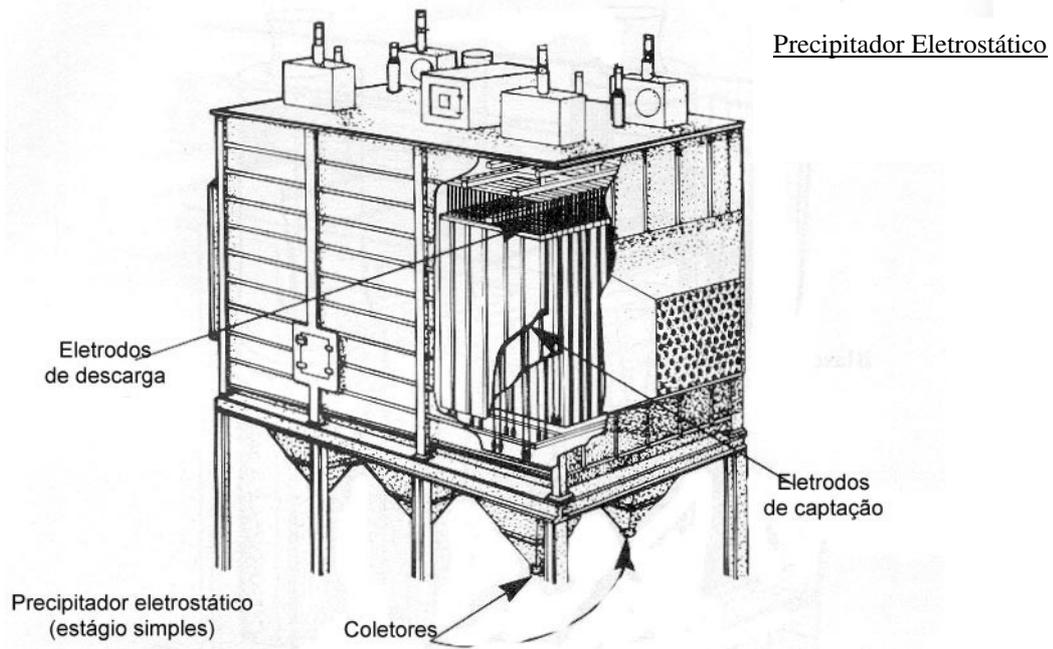
iv) Precipitador Úmido

O fluxo de água deve ser aplicado intermitentemente ou continuamente para lavar as partículas coletadas num cárter para destruição (descarte). A vantagem do precipitador de parede úmida é que não tem problemas com o efeito de “back corona”. Sua desvantagem é o aumento de complexidade da lavagem e o fato de a lama coletada deve ser tratada com mais cuidados do que o produto seco, além do custo adicional de destruição / descarte. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

v) Precipitador de dois estágios

É um equipamento em série com o eletrodo de descarga, ou ionizador, é anterior o eletrodo coletor. Para aplicação em ambientes “indoor”, a unidade é operada com polaridade positiva para limitar a geração de ozônio. As vantagens desta configuração incluem um tempo maior de carga para a partícula, tendo menor propensão para o efeito “back corona”, e por Ter construção mais econômica para tamanhos menores. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

4.3.2 Lavadores de Gases e Vapores



Os processos de controle de gases e vapores compreendem: condensação, adsorção, absorção e combustão .

4.3.2.1 *Processos de Controle de Gases e Vapores por Condensação*

A Condensação não é normalmente considerada como um processo de separação conveniente para controle de poluição do ar. Isto porque raramente o vapor poluente existe em pressão parcial próxima a seus valores de saturação, tal que possam ser condensados por resfriamento ou aumento de pressão da corrente gasosa em processo. Entretanto, quando ocorre é provável que seja uma corrente de gás intermediária num grande processo que um tanto quanto uma descarga na atmosfera e/ou razões econômicas para separar e reutilizar o vapor. É considerada mais um processo de engenharia do que de controle de poluição. Exemplos de utilização:

- Tinturaria: remoção de vapor de solvente no ar ambiente que é utilizado para secar peças de roupa recém lavadas.
- Manufatura químicas: remoção de vapor de solvente no ar ambiente, utilizado para secar precipitação em processos químicos.

Além de ser pouco utilizado, este processo geralmente é seguido por um equipamento de controle de poluição de ar. Não existem dados avaliando este processo, mas os usuários devem considerar que a máxima pressão parcial saindo do condensador é igual para a pressão de saturação baseada na fria temperatura do condensador. (KABEL & HEINSHON, 1999)

Existem dois tipos básicos de equipamento. O de superfície e o de contato. O *condensador de superfície*, é um processo de adsorção física, desde que os contaminantes sejam adsorvidos na superfície através da condensação dos compostos gasosos. Uma superfície condensadora que resfria o agente é de água ou ar, o vapor a ser condensado é separado do agente de resfriamento por uma parede de metal. Como o agente resfriamento flui por uma tubulação, o vapor condensa na superfície dos tubos, e é coletado como um filme de líquido, e o líquido é drenado para ser armazenado. O *condensador de contato* coloca em contato direto o vapor e o agente de resfriamento. Dentro dele se esborrifa jatos de água gelada diretamente na corrente de gás, onde o vapor resfriado condensa, e dessa forma a água e a mistura condensada são removidas, tratadas e dispostos como resíduos. Este tipo de condensador é menos custoso e mais flexível que o Condensador de superfície, e é eficiente na remoção de compostos orgânicos. Entretanto é um dispositivo que algumas vezes pode criar problemas com poluição de águas, podendo restringir seu uso. Sua aplicação específica depende do tipo de agente resfriador que é utilizado, e os problemas da disposição final do resíduo líquido, e da quantidade de compostos que podem ser

recuperados. Geralmente é utilizado como um equipamento de pré tratamento de controle de poluição do ar, e empregado em conjunto com queimadores pós chama, unidades absorventes e adsorventes. É amplamente empregado no campo de controle de emissão de hidrocarbonetos. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

4.3.2.2. *Processo de Controle de Gases e Vapores por Adsorção*

A *Adsorção* é um processo em que cada molécula dos poluentes se separam da fase gasosa e por si mesmas se prendem na superfície de sólidos adsorventes. As características físicas e químicas fazem o papel principal neste processo. (KABEL & HEINSHON, 1999)

O processo de adsorção de gás implica em passar a corrente gasosa através dos poros de um material sólido (o adsorvente) contido num "leito adsorvente". A superfície do material sólido poroso atrai e segura o gás (adsorvido) tanto por adsorção física (também denominada van der Waals adsorção) ou química (ou adsorção ativada). (PEAVY, H. S. et al, 1985) (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

A Adsorção é um método utilizado para separar poluentes quando:

- vale a pena recuperar o poluente(ex: fluidos de secagem a seco -tinturarias)
- a concentração é muito pequena (ex: odores)
- o poluente não pode ser oxidado (ex: gases radioativos de reatores nucleares)
- o poluente é um veneno (ex: respiradores de proteção individual para uso militar e emergência pessoal)
- é preciso purificar o ar em espaços confinados (ex: dentro de submarinos)

(KABEL & HEINSHON, 1999)

O processo de Adsorção não é recomendado se no processo de corrente gasosa contiver particulados ou outro material que poderá entupir o leito adsorvente ou recobrir as partículas adsorventes. A adsorção de vapores inflamáveis da corrente gasosa possui um risco inerente, uma vez que possui a chance de, tanto o material adsorvido quanto o adsorvente, entrar em ignição. Além do que a adsorção é um processo exotérmico. Por esse motivo, se o leito adsorvente for grande, pode ocorrer um substancial aumento de temperatura, requerendo cuidados que devem ser tomados para resfriar o leito. (KABEL & HEINSHON, 1999)

A quantidade de gás ou vapor adsorvido por um sólido depende da natureza do adsorvente e do gás que está sendo adsorvido, da área de superfície do adsorvente, da temperatura e da pressão do gás. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

A Adsorção física é a condensação de gases e vapores sobre sólidos numa temperatura acima do "ponto de orvalho", dependendo da força de van der Waals (força atrativa intermolecular). A quantidade de gás adsorvida é relativa a facilidade de condensação do gás –

quanto mais alto for o ponto de ebulição, maior quantidade será adsorvida. Embora usualmente adsorção física seja diretamente proporcional a quantidade de superfície sólida disponível, não se limita a uma camada molecular simples, visto que um número de camadas de moléculas podem ser construídas na superfície. Este processo é acompanhado por uma condensação capilar dentro dos poros, que aumenta substancialmente a quantidade de gás a ser adsorvida. Uma pequena quantidade de calor é liberada durante a adsorção física, sendo o processo relativamente rápido e facilmente reversível. O gás adsorvido pode ser desorvido sem que ocorra modificações químicas, através de diminuição da pressão ou aumento de temperatura. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

A Adsorção química corre quando a molécula do gás forma uma ligação com o adsorvente, e o gás é firmemente retido na superfície sólida por forças equivalentes. É um processo mais lento que o físico por causa do deslocamento dos átomos que devem ocorrer nas moléculas. Também libera grandes quantias de calor e necessita mais energia durante o processo. Quando ocorre em baixas temperaturas é de forma muito lenta e imensurável. Entretanto, é um processo irreversível, porque a natureza química do adsorvido será alterada. Tem como resultado somente a formação de uma simples camada de moléculas sobre a superfície sólida, e a quantidade de gás adsorvido depende da pressão e da temperatura. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

A capacidade das partículas do material adsorvente também depende de sua área de superfície e distribuição de tamanho dos poros. Estas partículas têm variedades de tamanho, sendo as maiores com cerca de 1cm e as menores com 200µm. Os principais adsorventes são:

- *Alumina ativada* ou oxido de alumínio hidratado: é produzido por um tratamento especial de aquecimento de aluminas ou bauxita precipitadas ou naturais. Isto é disponibilizado tanto em forma de grânulos ou bolas com suas propriedades típicas. É principalmente utilizada para a secagem de gases, e particularmente usado para secagem de gases sob pressão. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

- *Silica Gel*: sua produção consiste na neutralização do silicato de sódio, misturando-o com ácido mineral e lavando o gel formado, livre dos sais produzidos durante a reação de neutralização, seguido de processos em que é seco, assado e selecionado. Sua utilização primária é em secagem de gás, embora também seja aplicada em dessulfurização e purificação de gás. (BUONICORE, A .J. et al, 1992) Suas formas mais comuns são em granulos, gotas ou em pó. É também empregada para separação de hidrocarbonetos; entretanto para pré-tratamento de adsorção de fase gasosa necessita ser pré-aquecida a 200°C. (KABEL & HEINSHON, 1999)

- *Zeolites*: geralmente são aluminossilicatos. Seus microporos tem dimensões bem uniformes, podendo discriminar moléculas de tamanhos idênticos, e por isto Zeolites também são denominados de “peneira molecular”. Comercialmente sua composição é de cristais muito finos, juntamente seguros por um ligamento. Sua aplicação mais comum é para separar o oxigênio do ar.

A ativação para adsorção de fase gasosa normalmente necessita de aquecimento até 300°C sob vácuo total ou gás de expurgo inerte. (KABEL & HEINSHON, 1999)

- *Carbonos Ativados*: é derivado de vários materiais carbonáceos, como o coque de petróleo, madeira rígida, carvão, turfa, casca de noz, entre outros. Geralmente utiliza-se vapor para produzir carbono ativado, por volatilização de hidrocarbonos e por pirólise. Suas aplicações mais comuns são para remoção de odores, gostos (sabores), compostos orgânicos perigosos em água potável, limpeza de gases contendo VOCs (-Compostos Orgânicos Voláteis), descoloração de alimentos, e purificação farmacêutica. Pode ser impregnado de material selecionado para adsorver compostos pouco usuais, como por exemplo: ácido sulfúrico para remover amônia e mercúrio, óxido de ferro para remover ácido sulfídrico e mercaptans, óxido de zinco na remoção de ácido cianídrico entre outros. (KABEL & HEINSHON, 1999)

Outras substâncias também são utilizadas no lugar de vapores para ativar o carbono: cloreto de zinco, cloreto de magnésio, cloreto de cálcio, e ácido fosfórico. Também entre suas aplicações primárias no controle de poluição, os carbonos adsorventes de gás servem para recuperar solventes (emissões de vapor de hidrocarbonos), eliminação de odores e purificação de gases. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Os equipamentos que contem o adsorvente sólido através do qual o gás poluído irá passar, pode ser desenhado com leitos fixos, em movimento ou fluidizado.

Equipamentos como leitos fixos: o compartimento para uma unidade de leito fixo de adsorção simples pode ser constituído por um cilindro vertical ou horizontal. O adsorvente, frequentemente o carbono ativado, é disposto em leitos ou tabuleiros em camadas com espessura de 1,3 cm nos leitos finos de adsorvente, e maior do que 1,3 cm nos leitos profundos de adsorvente. Este equipamento pode dispor de mais do que um leito, sobrepostos ao longo do comprimento do compartimento. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

O Adsorvedor com leitos em movimento, é constituído de um tambor giratório. O ar filtrado, contendo o gás contaminante, é movido por uma ventuínha para o interior da seção do tambor giratório. A carga de vapor do ar entra no abrigo acima do leito de carbono, passa através do leito de carvão ativado cilíndrico, em seguida entra no espaço interno deste tambor, para depois deixar o compartimento por saídas no final do tambor. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Equipamento com leito fluidizado pode ser constituído por um raso e flutuante leito de adsorvente. O ar flui para cima, expandindo o leito ou fluidizando o adsorvente. O adsorvente, expandindo ou fluidizando, provoca um contato íntimo entre o gás contaminado e o adsorvente e previne impede a canalização de problemas associados aos leitos fixos. Após os gases

contaminantes terem sido adsorvidos, o fluxo de ar limpo passará por um coletor de poeiras antes de ser descarregado na atmosfera. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

O equipamento de adsorção tem grande eficiência, até que ocorra o momento em que o material adsorvente fique saturado do adsorvido. Neste ponto a concentração do poluente na corrente de gás que está saindo cresce rapidamente, e o adsorvente deve ser regenerado ou renovado. Contudo, os adsorventes podem ser classificados como regenerável e não-regenerável, sendo que a implementação do segundo tipo gera maiores custos.

Algumas vezes também pode se recuperar um gás removido da emissão contaminada. Um exemplo disto é o caso de recuperação do vapor de álcool etílico dos armazéns de whisky.

Adsorção pode tão bem controlar emissões de processos de tintura de tecidos, como em processos de indústrias de plásticos, química, farmacêutica, borrachas, linóleo, entre outras. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

4.3.2.3. *Processo de Controle de Gases e Vapores por Absorção*

A Absorção (ou “scrubbing”), é um processo que faz o com que o gás contaminado (absorvido ou soluto) entre em contato com um líquido absorvente (o solvente) de forma que um ou mais constituintes do gás efluente contaminado sejam removidos, tratados ou modificados pelo líquido absorvente. Os líquidos absorventes devem utilizar modificações químicas (reativa) ou físicas (não reativa) para remover os poluentes. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Lavador úmido (“wet scrubber”) é a denominação genérica do dispositivo para controle da poluição do ar em processos de fluxos gasosos, utilizando o processo de absorção para separar o poluente.

O solvente mais comum no processo de absorção é a água.

A absorção tem sido utilizada no controle de gases como o dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ácido sulfúrico, ácido clorídrico, cloro, amônia, e alguns hidrocarbonetos leves. Também é muito empregado em indústrias para remoção de hidrocarbonetos de fluxos de ar, assim como indústrias de asfalto, torrefação de café, indústrias que tratam petróleo, e de remoção e cozimento de resinas. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

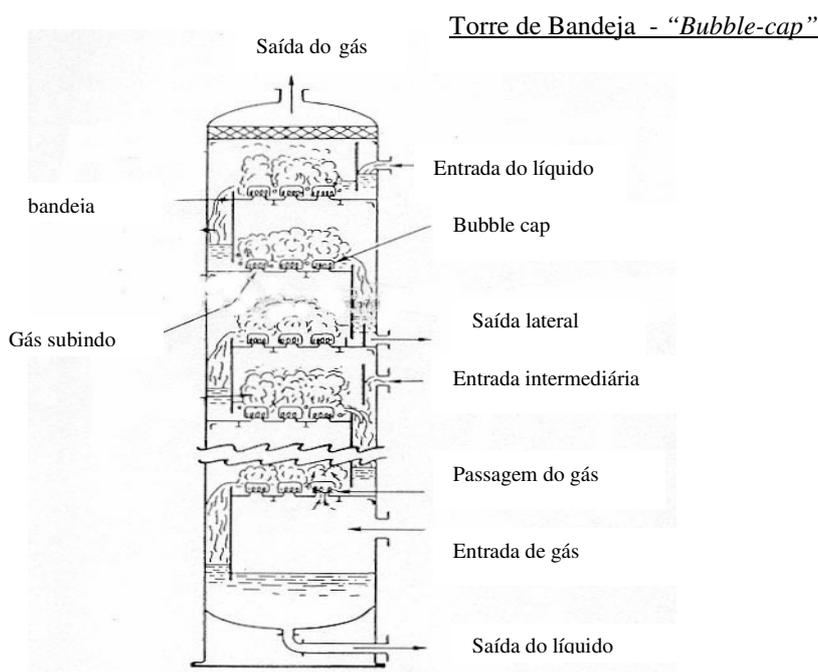
Os equipamentos que utilizam o processo de absorção:

Torres de spray - tem capacidade para grandes volumes de gás, com relativa perda de carga e razoável alta eficiência de remoção – enquanto a concentração do gás contaminante seja representativa. É um dispositivo que possibilita a remoção de particulados e contaminantes gasosos, desde que possa tratar gases com concentrações bastante altas de particulados sem

entupimento. Um desenho básico deste dispositivo pode ser descrito por um líquido absorvente, usualmente água, borrifado através do gás contaminante e a solução absorvente com o contaminante cai para coleta onde será removida, enquanto o gás limpo sai por uma válvula de saída na parte superior da unidade. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Torre de bandeja – este dispositivo contém pratos e/ou bandejas horizontais, dispostos de forma a promover grandes áreas interfaciais entre líquido e gás. O líquido flui através destas bandejas, sobre uma represa, uma canalização de descida que direciona o fluxo passando por cada uma das bandejas, formando um fluxo de zig-zag até que o líquido alcance o fundo da coluna. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Com desenho e processo similares, sob denominação de Torre de pratos (MACINTYRE, 1990) ou *Bubble-cap* (PEAVY, H. S. et al, 1985). Quando o gás sobe, ele esbarra nas tampas, como se fossem copos invertidos, desviando para baixo e, provocando a geração de bolhas, pelas fendas existentes na base destes copos, em contato com o líquido. O gás prossegue subindo até encontrar a saída no topo, e o absorvente com a carga de contaminante desce para a parte de baixo do cilindro, por onde sairá. (PEAVY, H. S. et al, 1985)



Fonte: BUONICORE, et al, 1992, pg.22.

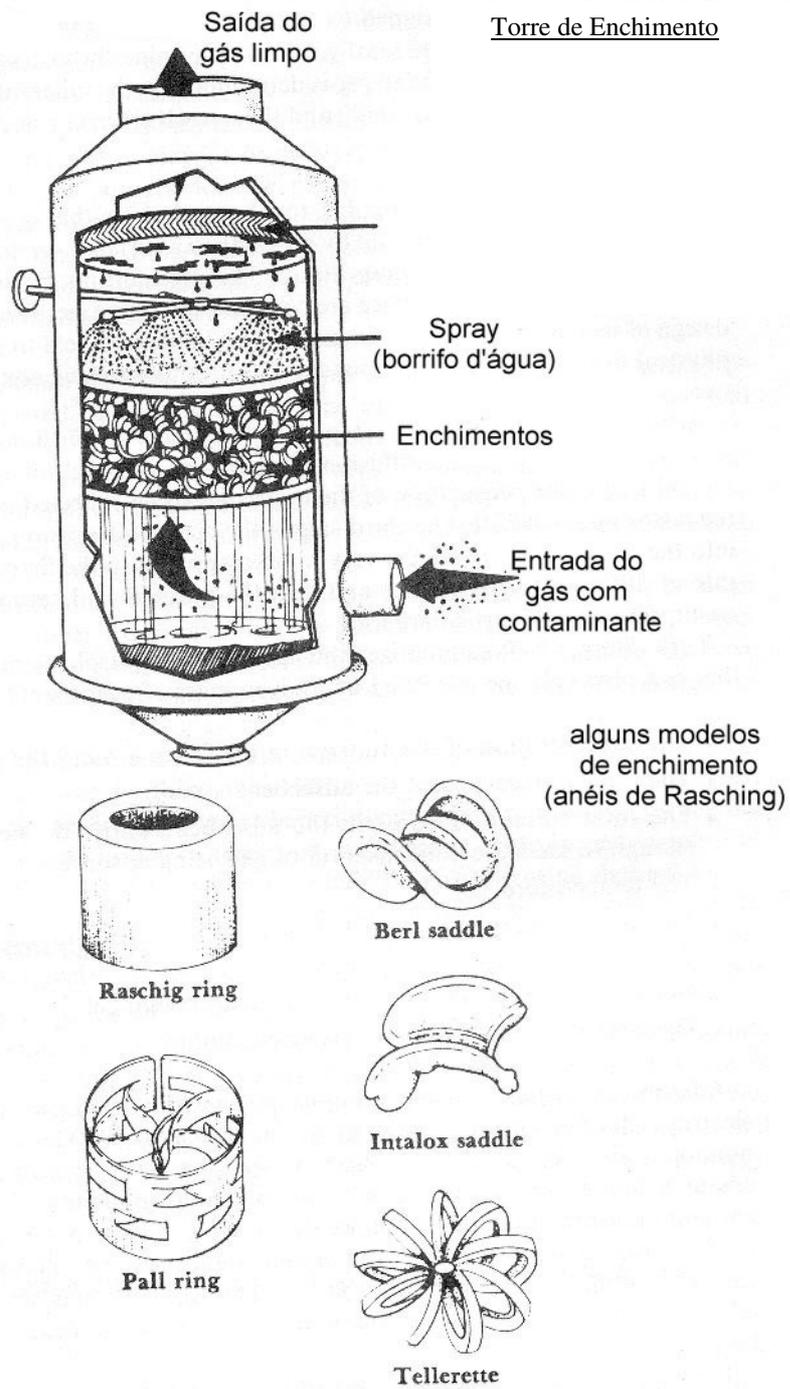
Figura 11

Torre de enchimento - outro dispositivo que segue a mesma linha de procedimento, é denominado Torre de enchimento (MACINTYRE, 1990). A concepção deste dispositivo é muito simples, onde o gás também atravessa de baixo para cima, uma ou duas camadas de enchimento que assegurem a maior área de contato possível com a água despejada por aspersores no alto da

torre, em “contracorrente”. Quando houver tendência à formação de certa quantidade de matéria sólida em suspensão no solvente, é preferível o emprego das Torres de pratos, pois neste caso as torres enchimento poderiam entupir. Também para gases em alta temperatura, que irão resfriar ao passarem pela torre em contato com a água, as torres de prato são mais adequadas por não sofrer efeitos de dilatação e contração prejudiciais ao enchimento, podendo comprometer sua integridade. Entretanto, as Torres de enchimento são mais indicadas quando o solvente tende a formar espuma em solução com o gás, além do que, nestas a quantidade do líquido solvente empregada é menor do que em outros tipos deste dispositivo. (MACINTYRE, 1990)

Este dispositivo é empregado para aumentar o tempo de contato entre o líquido e o vapor. O material escolhido para embalagem tem uma grande taxa de superfície por volume e uma grande taxa de vazios (espaço ociosos) que proporciona baixa resistência ao fluxo de gás. O material “de enchimento” neste tipo de dispositivo é de baixo peso e virtualmente inquebráveis; podendo ser constituídos de materiais como cerâmica, metal ou plástico. (PEAVY, H. S. et al, 1985) Sua disposição no interior do cilindro, podem ser em forma de pilhas ordenada ou aleatória, em camadas alternada dos diversos modelos, de acordo com o objetivo a ser alcançado quanto à exposição de suas superfícies com relação ao caminho que o líquido deverá percorrer, se espalhando e criando as áreas de contato desejado com o contaminante gasoso. São utilizados variados modelos (formas de desenho), e conforme seus formatos possuem diferentes denominações, mas o nome genérico destes enchimentos é “Anéis de Rasching”. (BUONICORE, A. J. et al, 1992)

Assim como nas torres de bandejas, nas torres de enchimento, e nas torres de spray, o gás entra pela parte inferior lateral e o líquido absorvente pela parte superior lateral. O líquido flui sobre a superfície do material “de enchimento” como um fino filme, dessa forma mantém um contato contínuo com o gás. Embora seja um dispositivo de alta eficiência para a remoção de gases contaminantes, as torres de enchimento entopem facilmente quando se introduz gases com grande carga de particulados. Portanto geralmente é empregada após os gases terem passado por um dispositivo capaz de remover a maior parte do material particulado conduzido pelos gases. (PEAVY, H. S. et al, 1985)



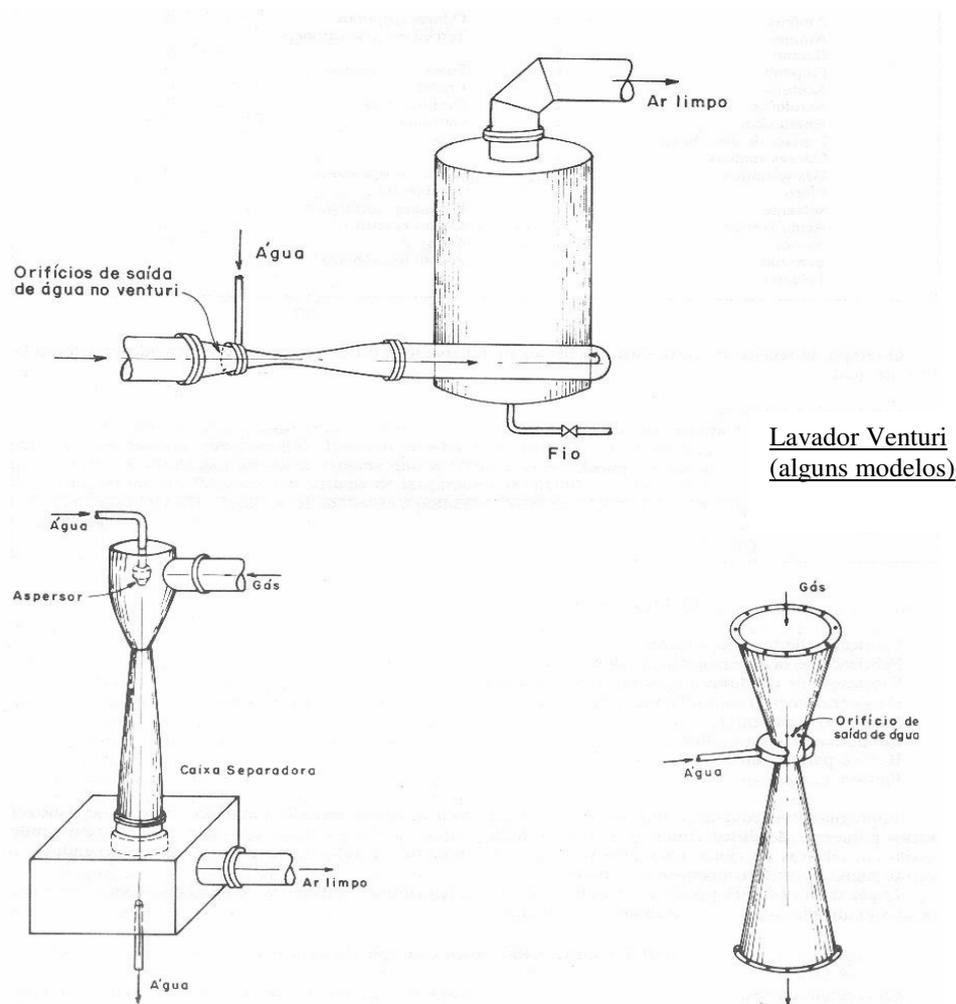
Fonte: BURGESS, et al, 1989, pg.321

Este processo também pode ser empregado numa disposição horizontal, de forma que a corrente gasosa se moverá horizontalmente, com o fluxo atravessando o leito de “packed” irrigado pelo líquido verticalmente. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

As características que são atribuídas a difusão do uso deste dispositivo são as seguintes: pequena estrutura; versatilidade; trata fluidos corrosivos (utilizando “enchimento” cerâmico); baixa perda de carga, e alcance de operações bem amplo. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Lavadores Venturi (“venturi scrubbers”) – neste dispositivo, o gás e o líquido absorvente são colocados em contato dentro ou próximo ao “estrangulamento” ou “garganta” (venturi) - uma passagem em afinilamento, e juntos movem-se para dentro de um compartimento separador, onde o gás limpo sairá pela parte superior e o líquido absorvente com o contaminante pela parte inferior. O que ocorre neste compartimento é a separação da mistura gás-líquido, gerada na passagem pelo “venturi”, pela ação da força centrífuga do movimento da queda d’água, em conformidade com o desenho do equipamento, assim como o gás limpo se movimenta para cima. Este dispositivo também é utilizado para remover material particulado. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Cortinas d’água também é um processo úmido de retenção de partículas. São desenvolvidas de diversas formas, de acordo com o processo e o ambiente que irá atender. O importante é que seu princípio de funcionamento promove a passagem do ar carregado de impurezas através de jatos de água, devidamente pulverizados ou através de elementos filtrantes mantidos úmidos mediante uma chuva contínua de água. Produz material lodoso residual. (TORREIRA, 1999)



Lavador Venturi
(alguns modelos)

Fonte: MACINTYRE, 1990, PG 328.

Figura 13

4.3.3 Processo de Controle de Gases e Vapores por Combustão

A combustão ou incineração é ao mesmo tempo uma fonte de poluição como também um importante processo de controle de poluição do ar no qual o objetivo é converter os contaminantes do ar, como os hidrocarbonetos ou monóxido de carbono, em inócuos dióxido de carbono e água. É o processo utilizado para os mais sérios problemas de emissão, como a emissão de gases tóxicos ou muito perigosos. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Alguns problemas podem ocorrer na utilização desse sistema, como uma combustão incompleta de muitos compostos orgânicos o que poderá gerar a formação de aldeídos e ácidos orgânicos, dessa forma criando mais outros problemas de poluição. De forma semelhante, na oxidação de compostos orgânicos que contenham enxofre ou halógenos produz poluentes indesejados como dióxido de enxofre, ácido clorídrico, ácido fluorídrico, e fogênio. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Existem vários sistemas básicos de combustão, realizados por equipamentos similares, mas sob diferentes condições de operação. Portanto, a escolha do equipamento dependerá do tipo de risco que os contaminantes oferecem na corrente gasosa, concentração de combustíveis na corrente, taxa de fluxo processada, necessidades de controle e avaliação econômica. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Dependendo do contaminante a ser oxidado, utiliza-se os seguintes métodos de combustão: combustão de chama direta (*direct-flame combustion*), combustão térmica (*afterburners*), e combustão catalítica (*catalytic combustion*).

Há uma linha na literatura que diz que para alcançar a completa combustão, além do oxigênio, o resíduo e o combustível entrarem em contato é preciso: alta temperatura (para dar ignição a mistura de combustível e resíduo); a turbulência (misturando o ar e o resíduo – combustível) e suficiente tempo de residência para ocorrerem reações. Estas condições são referidas como os “três T’s da combustão” (tempo, temperatura e turbulência) que governam a velocidade e a plenitude da reação; considerando-as como variáveis interdependentes. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

Os equipamentos utilizados para combustão podem ser classificados em três categorias: combustão direta, oxidação térmica, e oxidação catalítica. A combustão direta é um dispositivo em que o ar e todo combustível de gases residuais reagem num queimador. A combustão completa deve ocorrer instantaneamente desde que não exista uma câmara de residência; entretanto a temperatura da chama é a variável mais importante. Ao contrário, a oxidação térmica, os gases residuais combustíveis passam sobre, ou entorno da chama do queimador numa câmara de residência, onde a oxidação dos gases residuais é completada. A oxidação catalítica é similar a térmica, mas a diferença principal é que depois de passar pela área de chama, os gases passam sobre um leito catalítico, que promove a oxidação em temperaturas menores que a utilizada em oxidação térmica. (BUONICORE, A .J. et al, 1992)

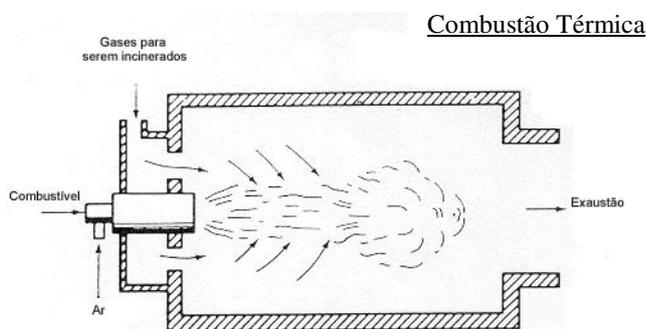
A combustão de chama direta queima os gases residuais num combustor diretamente com ou sem adição de combustível suplementar. Alguns destes gases, com seu calor e oxigênio contido, podem se queimar por conta própria.

É um método frequentemente utilizado em plantas e refinarias petroquímicas. São unidades externas no fim da corrente de gás residual, no topo de um monte, e equipadas com chamas pilotos para garantir a continuidade da queima. Trata-se de um dispositivo relativamente seguro para grandes quantidades ou resíduos de gases combustíveis muito altos. Mas não é um método ideal porque, em queimas a altas temperaturas por longos períodos de tempo, poderá gerar formação de óxidos de nitrogênio (reação com o nitrogênio existente no ar), criando um novo poluente aéreo. Tem como característica a produção de fumaça e fuligem visível, e depende

grande quantidade de energia calorífica, o que é importante sob o ponto de vista de redução de fontes de combustível fóssil. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

A combustão térmica é a opção para quando a concentração de gases combustíveis poluentes é muito baixa para se utilizar a combustão de chama direta. Neste processo o gás contaminado é pré-aquecido, sempre se utilizando um trocador de calor que utiliza o calor produzido pelo próprio incinerador térmico. O gás pré-aquecido é dirigido para a zona de combustão equipada com um queimador com combustível suplementar. As temperaturas dependem da natureza dos poluentes, e giram normalmente em torno de 538 a 927 °C (1000 a 1700 °F), e em certas operações, ocasionalmente alcançam a 1093 °C (2000 °F). (PEAVY, H. S. et al, 1985)

Os dispositivos utilizados também devem ser cuidadosamente projetados de forma a garantir segurança e eficiência. A queima incompleta pode gerar subprodutos indesejáveis, como o monóxido de carbono, portanto também devem ter um cuidadoso monitoramento com relação ao tempo, temperatura, turbulência e fluxo de oxigênio. Pode eliminar odores, produzir plumas de fumaça visíveis com vapores sem odores, e é de grande aplicação em controle de emissão de aerossóis em indústrias como a de torrefação de café. A corrente de ar quente relativamente limpa produzida da incineração térmica pode ser utilizada como fonte para outras operações industriais. (PEAVY, H. S. et al, 1985)



Fonte: BUONICORE, et al, 1992, pg 62.

Figura 14

A combustão catalítica é um outro método que pode ser utilizado quando materiais combustíveis no gás contaminado são muito baixos e também não viabilizam a utilização da combustão por chama direta. A catálise acelera a taxa de oxidação sem ela mesma sofrer modificações químicas, assim reduzindo o tempo de residência necessário para a incineração. Em relação a incineração térmica, este dispositivo de combustão catalítica é muito mais rápido, reduzindo o tempo de residência de 20 a 50 vezes. (PEAVY, H. S. et al, 1985) Geralmente é composto por uma seção de pré-aquecimento, e uma seção catalizadora, embora sistemas catalíticos frios sejam disponibilizados para operar em temperaturas ambiente, sem necessidade

de pré-aquecimento. Seu custo de operação é reduzido por utilizar menos suprimento de combustível. Sua eficiência depende de fatores como a concentração do contaminante, temperatura da corrente gasosa, concentração de oxigênio, tempo de contato e tipo de catalizador. Este processo de combustão tem sido empregado no controle de SO_2 , NO_x , hidrocarbonetos e monóxido de carbono (CO).

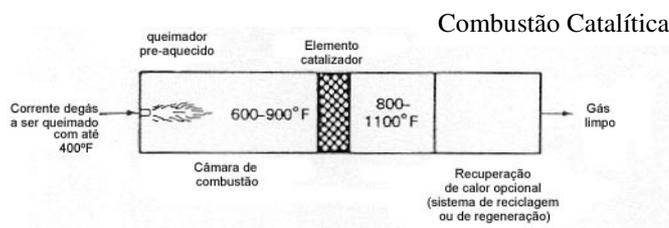


Figura 15

Fonte: BUONICORE et al, 1992, pg. 63.

A única aplicação em larga escala de remoção catalítica de óxidos de nitrogênio é no tratamento de gases residuais para fábricas de ácido nítrico. Metal platina é tido como o mais efetivo catalizador na redução de emissões de NO_x . Também é empregado na incineração de hidrocarbonetos em baixa concentração de contaminantes. Mas o maior problema destes sistemas de catalizadores é o seu alto custo de manutenção e envenenamento do catalizador. Combustão catalizadora de hidrocarbonetos consiste num material básico, como alumina ativada impregnada de compostos metálicos. Sistemas de hidrocarbonetos catalíticos é utilizado para retirar contaminantes é utilizado em refinamento de petróleo, e processamentos químicos entre outros. Muitos sistemas catalíticos podem converter CO em CO_2 operando numa temperatura baixa de 200 a 220 °C. (PEAVY, H. S. et al, 1985)

4.4 Tabela de Identificação de Sistemas de Retenção de Poluentes

A seguir, apresenta-se a Tabela 13, elaborada com as principais características, incluindo dados e considerações levantados ao deste trabalho de modo a sintetizar o conhecimento sobre os sistemas de retenção de poluentes.

TABELA 13 – Sistemas de Retenção: Principais Características

(1/8)

TIPO DE DISPOSITIVO COLETOR	TIPOS DE CONTAMINANTES	APLICAÇÕES	PESO TÍPICO	EFICIÊNCIA DE COLETA Tamanho da partícula ou %	CUSTO INICIAL	CUSTO DE OPERAÇÃO	DURABILIDADE	OBSERVAÇÕES	
PARTÍCULAS	COLETORES DE POEIRAS / PARTÍCULAS Câmaras Gravitacionais / Inerciais / Coletores Gravitacionais	Provenientes de : Moagem / Usinagem	Minas, Mineração / Ferro, aço, trabalhos em metal / Fundições / Indústria em geral / Cimento / Ind. Química / Papel e celulose / Ind. Madeireira / Alimentação / Ind.têxtil / Usina de força	Partículas de Peso específico elevado	100 μ a 10.000 μ (> 10 μ)	- Baixo custo de Projeto e Construção	-Moderado -Consome pouca energia	Boa (pode sofrer corrosão)	- Muito utilizado pré-coletor. - Pode receber temperaturas elevadas - Ocupa espaço considerável
	Ciclones	Provenientes de : Moagem / Usinagem	- Utilizado para material particulado e/ou Fibroso. Utilizado em Indústrias de alimentos / grãos moídos / algodão / cimenteiras / fertilizantes / refinarias de petróleo / mistura asfálticas e outros que envolvem grandes quantidades de partículas \pm grandes. - Uso em fornalhas e caldeiras na separação de pó após queima de óleo/ lenha / carvão/ lixo. -Uso na mineração para filtragem após britadores/ peneiras/ moinhos / secadores.		5 μ a 10.000 μ - grande eficiência p/ partículas > 15 μ	- Baixo custo de Construção	-Moderado -Muito Poucos problemas de manutenção. -Consome muita energia p/ coleta de partículas pequenas	Boa (pode sofrer corrosão)	- Pode produzir resíduo. - Pode ser utilizado pré-separador. - Poeira pegajosa causa entupimento. - Pode receber temperaturas elevadas - ineficiente para partículas pegajosas - Quanto menor a eficiência. - Geralmente necessita de grande espaço físico e vazão)

5. INDÚSTRIA DE BATERIAS

Em vista do problema apresentado, este trabalho tem como objeto à realização de um estudo que contribua para a melhoria das condições de trabalho e da a saúde do trabalhador, para a eliminação de agentes poluentes gerados nos ambientes internos das indústrias (“indoor”). Como objeto foi estudado o segmento de indústrias constituídas por micro-empresas ou empresas de pequeno porte, produtora/recuperadora (reciclagem) de baterias. Através do levantamento de dados realizados sobre os processos de captação de poluentes para emissões provenientes destas indústrias, buscou-se selecionar um processo adequado ao segmento industrial escolhido. Assim, foi selecionado um caso sem muita divulgação, mas que tem sido foco de grande preocupação ambiental, por ser constituído pelas pequenas indústrias de fabricação e reciclagem de baterias chumbo-ácidas, muito utilizadas na indústria automotiva (automóveis e caminhões).

5.1. Baterias Chumbo-Ácidas

Na atualidade, como já citado um dos principais empregos do chumbo é na indústria de baterias. As baterias, assim como as pilhas, são constituídas de forma a ter a capacidade de transformar energia química em energia elétrica, a partir de reações que ocorrem entre seus componentes.

5.1.1. Breve Histórico

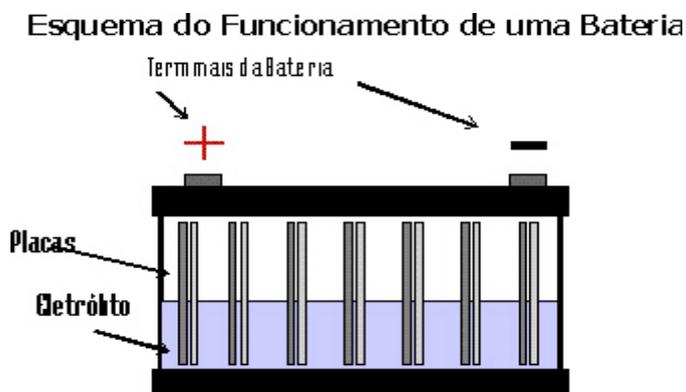
O italiano Alexandre Volta desenvolveu a pilha, no século XVIII, através de uma série de experimentos com vários tipos de placas metálicas e soluções ácidas. Uma dessas experiências consistiu na aproximação de uma placa de zinco de outra de cobre, separadas por uma tela impregnada de ácido sulfúrico. Desta forma, foi observado que nessas condições, obtinha-se a circulação de uma corrente elétrica muito fraca entre os elementos da composição – surgindo uma diferença de potencial. A partir desta observação, intensificou-se a corrente através da disposição de elementos em pilhas, na qual a parte superior constituía-se de uma chapinha de cobre (o pólo ou eletrodo positivo) e a parte inferior por um de zinco (o pólo ou eletrodo negativo). A eficiência deste experimento foi reconhecida como “pilha de Volta”.

A partir de então, todos os geradores eletroquímicos passaram a ser desenvolvido baseado na composição da “pilha de Volta”, isto é, essencialmente compostos por dois eletrodos e um eletrólito, mesmo com diferenciações de característica. Assim, dependendo do trabalho que desenvolvem e de suas propriedades específicas, estes geradores eletroquímicos podem ser

classificados em dois grupos: o dos geradores eletrolíticos primários, que não podem ser recarregados; e os secundários, que são recarregáveis. Os geradores eletrolíticos primários produzem apenas um único processo de descarga, onde suas reações químicas são irreversíveis, e depois de um determinado período de uso, ocorre o esgotamento do gerador devido a degradação total de seus componentes internos. Fazem parte deste grupo a pilha de zinco-carbono, a pilha alcalina, a pilha de mercúrio, a pilha de prata e a pilha de lítio. Entretanto, no grupo de geradores secundários, recarregáveis, pode-se destacar dois tipos que possuem uma diversidade de aplicações, as baterias de chumbo e as de níquel-cádmio. Destacando-se as baterias, ou acumuladores, de chumbo, usualmente as mais comuns.

5.1.2. Como é Constituída a Bateria de Chumbo

A bateria de chumbo é formada por uma série de células individuais interligadas. O número destas depende da tensão que se deseja obter. A célula elementar é composta por dois eletrodos à base de chumbo, imersos num eletrólito constituído por uma solução de ácido sulfúrico em água. O eletrodo positivo contém óxido de chumbo (PbO_2); e o negativo contém chumbo de forma esponjosa. Inserido-se um contato eletrolítico entre o anodo e o catodo, se produzirá uma corrente elétrica. A partir desse processo, desencadeiam-se reações químicas no interior da bateria, gerando fluxo de elétrons necessários para manter a corrente circulando. Ao longo dessas reações, tanto o óxido de chumbo como o chumbo em estado puro são atacados pelo ácido sulfúrico, resultando em sulfato de chumbo e água. Quando a quantidade de ácido é baixa e a de sulfato é alta, suficiente para cobrir totalmente os eletrodos, há uma diminuição das reações internas e a tensão na bateria decresce assim como a corrente. Esta vai chegar a níveis tão baixos, de forma que se torna impossível continuar alimentando a carga externa, assim ocorre a condição



denominada de bateria “descarregada”.

Fonte: CERVO, 2002, pg. 31.

Figura 16.

Inversamente, o processo de carga da bateria, é tal que ela recebe tensão de um gerador externo, provocando passagem de corrente no seu interior, mas no sentido contrário a da descarga. No resultado desse processo, o sulfato se combina com a água, liberando sobre os eletrodos o chumbo e o óxido de chumbo originais e devolvendo à solução de eletrólito o ácido sulfúrico anteriormente consumido. Contudo, se esta operação de carga se estender além do tempo necessário à eliminação dos sulfatos dos eletrodos, vai se produzir uma sobrecarga da bateria e, a partir de então, a corrente interna fará decompor a água em seus componentes – o oxigênio e o hidrogênio.

A capacidade de fornecimento de energia pela bateria, provém principalmente da quantidade de óxido de chumbo contida no anodo, que pode ser facilmente combinada com ácido sulfúrico para produzir sulfato de chumbo. O catodo contém aproximadamente a mesma quantidade de chumbo existente no anodo, mas sua eficiência durante as reações de carga e descarga é superior. A tensão de cada célula elementar tem um valor nominal de 2V. Durante o processo de carga, três ciclos diferentes se apresentam.

As baterias de chumbo são consideradas as mais econômicas dentre os vários tipos de baterias secundárias, recarregáveis. São amplamente empregadas na área automobilística. Elas podem realizar cerca de 200 ciclos de carga/descarga completos, atingindo até 500/600 ciclos com descarga de 60%. Quando descarregadas tendem a acumular sulfato, reduzindo seu período de vida, mas em condições convenientes de estocagem podem durar de seis meses a oito anos.

5.2 Caracterização do Segmento Industrial de Baterias

O segmento das indústrias de reciclagem de baterias chumbo ácidas nos países em desenvolvimento, está localizado em áreas urbanas que apresentam hoje não só os maiores índices de concentração populacional, como legado natural do processo de urbanização iniciado no século passado, como também índices de poluição severos (BRANCO & MURGEL, 1997). Possuem o perfil das empresas do tipo metal-mecânico, onde os trabalhadores, em sua maioria são provenientes de áreas vizinhas à indústria, fazendo parte de uma população da classe pobre, com baixo nível de escolaridade, sem qualificação formal e seu aprendizado profissional se dá no próprio trabalho. Os donos dessas empresas situam-se mais ou menos nas mesmas condições de seus empregados quanto às origens, entretanto com um nível de escolaridade mais alto, por vezes com formação superior, porém descontinuada. (MATTOS & FORTES, 2001) A direção de atuação da empresa é somente para o lucro imediato, cumprindo apenas as obrigações legais determinadas por lei, que raramente possui fiscalização adequada. Em muitas dessas pequenas

indústrias, a administração é exercida pelo dono e/ou seus familiares que também executam atividades de trabalho. Esta organização de trabalho se caracteriza como do tipo semi-artesanal, predominando o trabalho humano e sem automação, onde os empregados têm pouco poder de negociação e muitos são desprovidos do cumprimento das regulamentações de seus direitos e benefícios básicos além de estarem sujeitos à prática de trabalho inadequada, inseridas em condições insalubres, de periculosidade e penosas. As atividades dos empregados são específicas, o que não impede desvios de função conforme o interesse da administração, sobretudo para suprir ausência de outros empregados.

Estas indústrias de reciclagem de baterias não produzem componentes, e como reformadoras reaproveitam peças e componentes comprados, caracterizando-se pela predominância de montagens nas etapas do processo de trabalho.

5.3. Processo de Trabalho

Como instrumento de análise, é muito importante uma compreensão mais ampla e próxima do que é o processo de trabalho desenvolvido pelo homem, e para o qual deve-se focalizar uma preocupação no resultado gerado quando adverso às condições de sua saúde, assim como para o ambiente.

O ponto central do conceito de “processo de trabalho” pode ser identificado como os modos de andar a vida, emergentes das condições ambientais determinadas por elementos essenciais definidos pela inserção social específica por grupos, num processo biopsíquico histórico das coletividades humanas. (LAURELL & NORIEGA, 1989) Neste caso se acredita dar conta das formas sociais específicas sob as quais se dá a relação entre o homem e a natureza, utilizando o conceito de “processo de trabalho” numa visão marxista em que se centraliza na análise da produção social do nexos biopsíquico humano. Assim se entende o caráter social deste processo através do qual:

“O homem se apropria da natureza transformando-a e transformando a si mesmo, ou seja, no processo de trabalho”. (LAURELL & NORIEGA, 1989)

Pode-se complementar este conceito com a afirmativa de que no metabolismo entre o homem e a natureza surge o que temos chamado de condições ambientais das coletividades humanas, através e diante das quais se constituem os modos de andar a vida. (LAURELL & NORIEGA, 1989)

Neste contexto se destaca a relação da força de trabalho com o meio ambiente, desenvolvida através de um processo, com atenção dirigida ao resultado do que o homem pode fazer com a natureza, e da mesma forma, como esta pode agir sobre ele. Relação que gera a preocupação com a saúde do trabalhador, em que um dos determinantes é o processo de trabalho.

A consideração dos elementos básicos do processo de trabalho, que são o objeto de trabalho, os instrumentos de trabalho e o próprio trabalho, passa a ter importância significativa nesta análise. O objeto de trabalho pode ser analisado por suas características físicas, químicas, mecânicas e também a forma como é feito e qual é a sua finalidade, sob um enfoque social. Os instrumentos de trabalho, ou a “tecnologia” por sua vez, devem ser compreendidos sob a ótica de sua conformação técnica, assim como a materialização de uma determinada relação entre capital e trabalho. E, por fim, o trabalho tendo que ser entendido como processos corporais, assim como “uma expressão concreta da relação de exploração através de sua organização e divisão” (LAURELL & NORIEGA, 1989). Estes elementos básicos sofreram modificações ao longo da história, que em cada fase mostrou a predominância de um determinado tipo de processo de produção, com sua organização própria.

Decorrente deste movimento através do tempo, Mendes e Dias caracterizam uma situação nem um pouco favorável sob o enfoque da saúde do trabalhador, assim como sua decorrente correlação com o meio ambiente, visando mostrar em que condições estão a recente fase dessas mudanças.

“A década de 70 testemunha profundas mudanças no processo de trabalho. Num sentido mais “macro”, observa-se uma forte tendência de “terceirização” da economia dos países desenvolvidos, isto é, o início de declínio do setor secundário (indústria), e o crescimento acentuado do setor terciário (serviços), com óbvia mudança do perfil da força de trabalho empregada. Ocorre um processo de transferência de indústrias para o Terceiro Mundo, - uma verdadeira transnacionalização da economia – principalmente aquelas que provocam poluição ambiental ou risco para a saúde (asbesto, chumbo (grifo da autora), agrotóxicos, e outros), e das que requerem muita mão de obra, com baixa tecnologia, como é o caso típico das “maquiladoras”, que rapidamente se instalam nas “zonas livres” ou francas, mundo afora. Os países do Terceiro Mundo, afligidos pela elevação dos preços do petróleo e pressionados pela recessão que se instala universalmente, buscam o desenvolvimento econômico a qualquer custo, aceitando e estimulando esta transferência,

supostamente capaz de amenizar o desemprego e gerar divisas”.
(MENDES e DIAS, 1991, pg. 345.)

Esta é a realidade em que nos encontramos, uma visão da situação geradora do movimento atual, quando os prejuízos são distribuídos à todos inseridos no meio ambiente, onde deve se pensar em intervir de forma tal que, a partir de uma análise dos processos de trabalho, inicie-se um “contra movimento”, com a atuação do próprio homem, utilizando-se de medidas de engenharia adequadas, visando inverter tudo o que ele mesmo gerou, e que está em seu confronto, agindo diretamente sobre sua saúde.

5.3.1 Processo de Produção / Trabalho nas Fábricas de Baterias

O processo de produção / trabalho nas fábricas de baterias chumbo ácidas, é composto pelos seguintes elementos: objeto, meio e resultado. A matéria prima constitui o objeto de trabalho - elemento principal ou mesmo auxiliar na formação deste. Assim, as grades para montagem das baterias, constituídas por um conjunto de placas em série, formadas pelo eletrodo negativo, com o formato de uma grade de chumbo metálico, e pela placa positiva que é o dióxido de chumbo (PbO_2) é o objeto de trabalho. As ferramentas são os meios que o trabalhador se utiliza para a montagem e fundição das grades. Estes meios são a própria força do trabalhador, assim como os instrumentos dos quais se utiliza e tudo o mais que serve especificamente para se realizar a tarefa em questão. Por fim, as baterias, já devidamente embaladas para ir para o ponto de estoque de sua comercialização, é o produto final – o resultado.

A conceituação da tecnologia de produção e a organização do trabalho empregados nestas indústrias são caracterizadas por uma realidade em que inexistente automatização do processo produtivo e onde o principal papel desempenhado é o do trabalhador. Portanto, considerando que num sistema produtivo existam elementos básicos que se relacionam, o homem, a máquina e o produto (FLEURY, 1983), no caso destas indústrias a relação principal é somente homem-produto, desconsiderando as outras possibilidades como homem-máquina ou máquina-produto, pela parcela de intervenção. Neste caso, como não existe automatização, pode se definir o sistema de produção empregado como “não automatizado”, e que a relação homem-produto é a primordial para a obtenção do produto.

Considerando estas indústrias como sistemas de produção não automatizados, na realidade compõe um sistema artesanal podendo ser também denominado semi-artesanal, uma vez que o trabalhador tem conhecimento e habilidade para desenvolver as tarefas (FLEURY, 1983). Na descrição a seguir, observa-se que nas etapas de trabalho que são desenvolvidas é constante a

citação das ações e/ou tarefas desempenhadas pelo trabalhador, sempre em contato direto com o que vai ser finalizado como produto.

Assim prosseguindo o enfoque na idéia inicial de elementos num processo de trabalho, em que “o homem se utiliza de meios para transformar o objeto em produto”, ou seja, onde o trabalhador é quem realiza todos os movimentos (o meio), para gerar o resultado. Dessa maneira, ele estará sempre exposto em contato direto ou indireto, de forma irrestrita, a qualquer contaminante que se apresente ao longo do processo de trabalho, onde neste caso é o chumbo.

Ao longo das etapas do processo de trabalho, o procedimento de fundição de chumbo é desenvolvido de forma intermitente, podendo ser considerado um dos pontos de maior geração de contaminação. Em relação a possibilidade de contaminação por chumbo, embora todas as etapas apresentadas gerem algum tipo de risco, para a contaminação do ar interno, o processo de fundição pode ser considerado o de maior importância, seguido pelo de soldagem, e dos que realizam manipulação das grades, destacando-se os da montagem das grades.

A descrição das etapas que são desenvolvidas, nesta categoria de indústria de baterias, compreende:

- Montagem – tarefa na qual o trabalhador encaixa as grades de chumbo nos conectores, formando as placas que estarão preparadas para a soldagem. Neste processo ocorre uma maior manipulação do material, acomodando-se as placas em função dos pólos negativos e positivos para serem encaminhadas ao processo seguinte, o processo de soldagem.

- Soldagem – é a execução da soldagem das placas de chumbo aos pinos e conectores com a utilização de maçarico. Na realização desta tarefa, o trabalhador deve se utilizar de Equipamentos de Proteção Individual, como óculos de proteção à radiações e máscaras de proteção respiratória para evitar que a liberação do monóxido de carbono provocado pelo maçarico seja inalada.

- Montagem – outro processo de montagem é realizado, só que neste são as placas no interior das caixas de baterias, que normalmente são constituídas de borracha ou plásticos endurecidos como o poliestireno, o polipropileno, onde são agrupadas de acordo com sua polaridade.

- Lacre – é o processo de lacre das caixas plásticas na máquina seladora, onde se transformam em baterias propriamente ditas. Este processo é o de colocação da bateria na referida máquina que utiliza o calor para fechá-las. Neste processo, há um maior risco de queimaduras nos trabalhadores, onde as temperaturas são altas, e também há geração de vapor prejudicial para o trabalhador.

- Enchimento – processo em que se enche as baterias com solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) diluído em água. O ácido sulfúrico fica disposto em galões menores para ser

posteriormente misturado com água em tonéis de plástico maiores. O procedimento de enchimento da bateria, se realiza em uma depressão extensa, porém rasa, no chão da fábrica (usualmente denominado de “banheira” pelos trabalhadores).

- Carga elétrica – após todas as baterias estarem cheias, elas são armazenadas em prateleiras onde vão receber carga elétrica por um período de aproximadamente 48 horas. As baterias recebem a carga proveniente de cabos conectados a uma maquinaria elétrica, com mostradores indicativos da corrente e voltagem recebida à proporção que se realiza o carregamento elétrico. O controle do carregamento é feito pelos próprios trabalhadores, escrevendo num quadro a data e a hora para controle de carregamento elétrico das baterias.

- Resfriamento – ocorre após o término da carga das baterias, quando então estas permanecem em prateleiras em processo de resfriamento por aproximadamente três horas.

- Embalagem – é o último processo, onde um trabalhador é responsável por envolver a bateria em plástico e aquecê-lo com um soprador de ar quente para fechá-la.

- Estocagem - após estarem embaladas, as baterias são colocadas na área de estoque para venda.

Há também outras fontes potenciais de contaminação, como os tonéis de ácido sulfúrico, os locais de esvaziamento e enchimento do ácido nas caixas, etc.

A abertura das caixas das baterias usadas também representa uma fonte de risco, quando realizada de forma mecânica ou manual. Sob este aspecto, também é importante uma observação do local de armazenagem das baterias usadas que chegam à indústria, assim como o local de depósito de sucatas e resíduos provenientes de todo o processo de reciclagem, que podem se tornar grandes fontes geradoras de contaminação do ar e do solo. Portanto, ao longo de todo processo de trabalho de reciclagem das baterias de chumbo ácidas, existem fontes potenciais de poluentes que devem receber cuidados específicos, a partir da abertura e lavagem das baterias.

5.4 Diretrizes Técnicas Internacionais para Reciclagem de Baterias

Em face da importância e gravidade das condições que as indústrias de reciclagem de baterias de chumbo ácidas podem causar ao ambiente, a Convenção da Basileia - uma organização internacional apoiada por um programa das Nações Unidas para o meio ambiente, que desenvolve trabalhos para regulamentação de transporte e deposição de resíduos tóxicos, recentemente realizou e publicou um trabalho específico e direcionado para esta categoria de indústria.

5.4.1 Medidas Aprovadas para tornar a Reciclagem de Baterias mais Seguras:

Preparação de orientações técnicas para um controle ambientalmente saudável de baterias chumbo ácidas usadas.

Um grupo técnico que trata de resíduos tóxicos para a Convenção da Basiléia, publicou recentemente, em 24 de maio do corrente ano de 2002, o resultado de um trabalho que será anexado ao texto da Convenção, onde são estabelecidas medidas para tornar a reciclagem de baterias mais segura. Trata-se de um extenso trabalho em que se ressaltam os fatores que tornam a reciclagem de baterias um importante processo que deve ser mantido de forma ambientalmente saudável.

Este grupo realizou um trabalho no momento em que divulgo-se a ocorrência de casos graves de contaminação por chumbo provenientes de indústrias de reciclagem de baterias no Brasil. Entretanto, por ser ainda um documento a ser previamente adotado, na apresentação do trabalho é exposto que serão convidados especialistas para constituir massa crítica suficiente e gerar comentários tornando possível que o Brasil contribua para a emissão do documento final. Neste documento, importantes considerações devem ser ressaltadas, como as que visam uma forma de gerenciamento para todas as etapas de trabalho, possíveis de existir no processo de reciclagem destas indústrias.

O trabalho técnico apresentado enfatiza os seguintes pontos:

- As vantagens da reciclagem do chumbo, onde há a preocupação da extensão do tempo de vida de recursos naturais, desta forma também reduzindo custos monetários e de conservação de energia, que são muito maiores no processo de extração natural.
- A elucidação do problema da toxicidade ao ambiente e a saúde humana.
- A condição de ampla reciclabilidade deste elemento, onde se apresenta o procedimento e o funcionamento de uma bateria, bem como suas aplicações.
- O grande mercado para este produto, dependendo do país em questão.

Dessa forma o referido trabalho trata de exemplificar o processo de reciclagem, partindo da descrição de etapas que podem ser consideradas como pré-reciclagem, que se iniciam desde a coleta das baterias como sucata, seu transporte e armazenagem, orientando os cuidados que devem ser implementados na realização destes procedimentos, onde obviamente existe uma atenção especial para com vazamentos que possam ocorrer e afetar o meio ambiente, destacando-se a orientação para a utilização de vias mais afastadas e menos movimentadas para o transporte, até o revestimento de piso e ventilação adequados na armazenagem. Também fornece orientações voltadas ao homem, ao trabalhador que poderá entrar em contato direto com o contaminante, recomendando a utilização de equipamentos de proteção individual.

O documento descreve ainda o processo de reciclagem em que entram as baterias usadas, onde cita que a reciclagem poderia ser idealmente dividida em três grandes processos, como: a abertura da bateria; a redução do chumbo, e o refinamento do chumbo. Entretanto, para cada processo são identificados os potenciais pontos de fontes de contaminação ambiental, identificados como:

- Na abertura da bateria:

- a) derramamento das baterias > as fontes são as contaminações devido ao eletrólito ácido e a poeira de chumbo;
- b) arrombamento manual das baterias > fonte prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente através do derrame e formação de poeira de chumbo;
- c) arrombamento mecânico das baterias > fonte de particulado de chumbo;
- d) separação hidráulica > vazamento de água contaminada;
- e) pedaços de plástico e ebonite > refugio contaminado.

- Na redução do chumbo

- a) compostos de chumbo derivados do processo de arrombamento > chumbo e compostos de chumbo na poeira e na água;
- b) resíduos de metal fundido > material contaminado por chumbo;
- c) filtros > poeira contaminada com chumbo (são filtros instalados nos fornos para captar o pó de chumbo formado no processo de fusão);
- d) emissões de dióxido de enxofre (SO_2) > percentagem de enxofre proveniente de cargas de fragmentos que deixam o sistema de redução e dependem das condições do forno e do tipo de material formado no processo, assim como também gerado pelo ebonite se ele for ao forno;
- e) combustão de material orgânico > formação de alcatrão;
- f) emissão de cloro (Cl_2) e compostos clorados > tem probabilidade maior de aparecer se tiver grande quantidade de PVC no forno;
- g) produção de escória > é a maior produção de resíduos durante o processo de redução.

- No refinamento do chumbo

- a) superaquecimento do chumbo > produz vapores de chumbo;
- b) emissão de dióxido de enxofre (SO_2) > na rápida oxidação do enxofre na presença de oxigênio nas temperaturas do forno quando adicionar enxofre para a remoção do cobre;
- c) recuperação e remoção de cloro (Cl_2) e estanho (Sn) > liberação de gás de cloro;
- d) remoção de estanho (Sn) com ar enriquecido de oxigênio (O_2) > vapores de chumbo, que são provenientes do borbulhamento dos metais que estão sendo fundidos.

Identificados os potenciais pontos de possíveis fontes de contaminação, o trabalho deste grupo técnico discute questões de controle ambiental. Entretanto ele estabelece três importantes aspectos de acordo com o grau de aprimoramento de cada indústria de reciclagem, onde se pode ter: a que ainda não foi desenvolvida/construída; a que já existe há algum tempo e necessita de melhorias tecnológicas e orientações de monitoramento, e a que segue a melhor tecnologia disponível apenas precisando de orientações de monitoramento. Contudo, este trabalho não identifica o dimensionamento do porte da empresa, isto é, não identifica a classificação de micro, pequena, média ou grande empresa.

Dessa forma, são apresentados três procedimentos para controle ambiental:

- 1- Planejamento de planta para reciclagem de chumbo – Avaliação de Impacto Ambiental (Environmental Impact Assessment – EIA), que seria o equivalente que temos como Estudos de Impacto Ambiental – EIA.

É um estudo que antecede a implementação de uma indústria, para se avaliar as possíveis fontes de poluição e suas conseqüências para o ambiente. Ela vai fornecer elementos para melhoria de projeto, dados e orientações para tomada de decisões, e conscientização das possíveis conseqüências para os investidores e órgãos governamentais. Ele já é instituído em vários países, assim como no Brasil.

É formulada ainda uma orientação completa para esta avaliação, e que pode ser resumida nos seguintes itens:

- a) alvos e objetivos do projeto tão bons quanto sua importância social e econômica;
- b) descrição do local a ser implementado o projeto e suas interrelações;
- c) um cronograma de atividades;
- d) identificação qualitativa e quantitativa dos impactos ambientais e ações a serem empregadas para diminuição destes impactos, ao máximo possível;
- e) medidas possíveis para reabilitar o local depois do projeto ou se o mesmo terminar;
- f) legislações aplicáveis em relação ao projeto;
- g) alternativas de implementação do projeto e de localização;
- h) dimensões, tecnologias empregadas, fontes de matéria prima, fonte de energia e produtos;
- i) justificação de métodos e tecnologias empregados;
- j) o EIA deve consistir num relatório conciso e objetivo, e, tanto quanto possível, permitir valorizar julgamentos.

2) Melhorias tecnológicas

Considerando-se que não foi realizada uma avaliação prévia de implementação da indústria, como a EIA, estima-se que existirão alguns problemas tecnológicos e ambientais a serem solucionados. Não é levada em consideração a possibilidade de se fechar a indústria para se começar outra, uma vez que esta ação certamente irá requerer maiores investimentos, portanto, propõem-se a implementação de melhorias tecnológicas e estímulo ao monitoramento ambiental como a melhor opção.

Os tratamentos das fontes de poluição e ações de prevenção de poluentes devem ser:

1) eletrólito ácido e efluentes

O perigo do lançamento do eletrólito ácido no sistema de esgoto sanitário se constitui em infringência às normas ambientais. Sugere-se que sejam estabilizados de acordo com as possibilidades orçamentárias. Recomenda ainda que estas indústrias de reciclagem devem ter uma estação de tratamento, para reciclar todas as fontes de contaminação (neutralização do eletrólito, águas de chuva, vazamentos de água de baterias estocadas, etc), de forma a controlar, proteger e melhorar a qualidade das águas descartadas.

1) coleta de poeira e filtragem de ar

Estima-se que todos os estágios do processo de reciclagem de baterias podem liberar uma variedade de vapores, fumos ou poeiras, que devem ser coletadas e tratadas para depois ser lançada ao meio ambiente. Nas indústrias de reciclagem, em média deve-se filtrar em torno de setenta toneladas de ar para cada tonelada de chumbo produzida, o que torna claro o quanto é importante o processo de controle.

Neste documento é denominado de poeira “mecânica” o material particulado com grande variedade de características, considerado relativamente fácil de filtrar e remover do ar. Todavia, quanto mais fina for a poeira, mais difícil é de ser removida, e por isso é recomendado que técnicas especiais devem ser empregadas para purificar o ar. Neste ponto o documento expõe a grande quantidade de opções que devem ser julgadas, para seleção, em função do nível de contaminação requerido e disponibilidade de orçamento, citando os então conhecidos captadores de gases e poeiras como: filtros de manga, precipitadores eletrostáticos, ciclones, filtros cerâmicos e lavadores de gases. Ele também complementa chamando a atenção para a tendência geral de que a poeira coletada deve ser redirecionada a etapa de fundição para uma recuperação do chumbo.

2) Emissões fugitivas

É apresentado como um item a receber melhoria tecnológica, mas não há qualquer recomendação de melhoria, apenas citando que será ainda apresentado em addendum ao documento.

4) Eliminação de dióxido de enxofre (SO₂).

Para esta emissão, é citado que pode ser removida de algumas formas, com processos à seco, semi-seco, semi-úmido, úmido, e a simples alternativa de uso de lavadores de gases com reagente de carbonato de cálcio (CaCO).

5) Uso de oxigênio (O₂)

Utilização do oxigênio para enriquecer os gases que são usados nos processos de aquecimento, auxiliando na diminuição de formação de gases de combustão, reduz a perda de calor, e aumenta a produção da queima do forno, promovendo um processo de produção mais limpo.

6) Reciclagem de materiais orgânicos pesados

São constituído pelos materiais plásticos dos separadores e ebonite, e 50% de sua massa é de carbono, que deve ser usado como um agente redutor no forno, que com os devidos cuidados de prevenir poluição, diminui a quantidade de outros agentes redutores, e dessa forma diminuindo a quantidade de resíduos. Entretanto recomenda-se outros estudos com esta finalidade.

7) Reciclagem de polipropileno

Considerando-o como um produto de alto valor, sugere-se que o reprocessamento dos componentes plásticos deveria ser visto como uma outra atividade lucrativa, mas que infelizmente ainda não é vista por todos.

8) Destinação saudável para os resíduos não recuperáveis.

O que não pode ou não tem mais como ser reutilizado ou reciclado, precisará ter um destino disposição final sem danos ambientais. Contudo é ressaltado que haverá um percentual de chumbo contido nestes resíduos, e portanto deve ser tratado como um resíduo perigoso, seguindo os regulamentos pertinentes a estes.

3 –Monitoramento ambiental

As chamadas tecnologias “limpas” necessitam de monitoramento permanente. Assim, o monitoramento ambiental irá prover um processo de reciclagem ambientalmente saudável. Também considera as medidas de controle necessárias a que falhas e acidentes operacionais sejam significativamente diminuídos, em conjunto a algumas instruções, que deverão ser seguidas para reduzir os riscos de contaminação ambiental.

3.1-medidas de controle

Independente das tecnologias de controle empregadas numa indústria de reciclagem de baterias, enfatiza-se que algumas medidas devem ser amplamente adotadas de forma a prevenir ou minimizar a contaminação ambiental. Neste caso são discriminadas algumas ações que, adequadas às características de cada indústria, promoverão boas práticas de controle ambiental. Entre estas tem-se:

- a) utilização de equipamento de proteção individual (EPI): podem ter diferentes necessidades em cada setor, mas o básico que se deve ter é a máscara para proteção respiratória com filtros adequados, capacete e sapatos ou botas seguras e adequadas.
- b) práticas de trabalho: possuir políticas de controle de trabalho e treinamento para estas do tipo proibição de fumar no local; separar áreas de alimentação das de trabalho; estimular a higiene pessoal (banho) após o trabalho; trocar a roupa de trabalho antes de sair; trocar e lavar diariamente a roupa de trabalho, e checar os filtros das máscaras de proteção respiratória diariamente.
- c) operações de abertura, redução e reciclagem realizadas no interior de edificações cercadas / enclausuradas, para permitir que sejam coletadas as poeiras num sistema de captação e filtragem do ar evitando a liberação de contaminantes para a atmosfera.
- d) áreas sem coberturas devem ser pavimentadas com material impermeável e de fácil limpeza.
- e) todos transportes internos devem ser realizados em veículos fechados para evitar a liberação de poeiras desnecessárias, e se não for possível, que sejam cobertos. Também se recomenda que não se deve misturar veículos internos com os externos.
- f) armazenagem de escórias: orienta-se para que tenham os mesmos cuidados de armazenagem que os das baterias a serem recicladas, assim como ter piso adequadamente pavimentado, ser coberto, etc. Esta recomendação é válida para qualquer material que estiver “sobrando” na indústria.

g) sistemas de filtragem de ar: recomenda-se que estes devem ficar o mais próximo possível da área a ser ventilada e todo o sistema de extração deveria ser enclausurado para evitar a liberação de poeiras.

h) todas operações a descoberto devem ser umidificadas justificando-se que a umidificação serve para evitar a formação de poeiras, dessa forma todas as atividades de transporte, retirada de material e limpeza nas áreas externas devem ser umidificadas.

i) caminhões e veículos devem ser lavados quando saírem da área da indústria especialmente os pneus e todas as partes mais baixas para evitar que se espalhe poeiras de chumbo para fora da área da indústria. Recomenda-se ainda que a limpeza interna do veículo deve ser constante, e estes deveriam ter uma única saída da área industrial para controle.

j) armazenagem de carvão deve ser protegida orientando para que o carvão, assim como as fontes de combustível e de redutores, devam ser armazenadas de forma apropriada e isolada em áreas cobertas. Também ressalta-se a necessidade de possuir equipamentos de combate a incêndio e pessoal constantemente treinado.

k) coletar água de chuva é uma orientação para se evitar que se produza algum tipo de contaminação, sugerindo que deve ser realizado uma superfície de coleta que direcione esta água para uma estação de tratamento de efluentes.

3.2-medidas de monitoramento

O documento técnico expõe que um monitoramento ambiental deve ser como um termômetro de contaminação ambiental. Os dados coletados devem servir não somente para verificar e orientar melhoramentos tecnológicos, como ser fonte de credibilidade e confiança para a população das circunvizinhanças, principalmente porque estas indústrias já estão geralmente sendo vistas como grandes fontes de contaminação ambiental.

O monitoramento deve visar alguns aspectos da área de produção a serem considerados para controle contínuo. Entre estes, os selecionados a seguir:

a) efluentes: ressalta que depois de passar pela estação de tratamento, toda a água que sair da área da indústria deve ser monitorada, pelo menos para determinar seu pH, o conteúdo em sulfato e metais pesados como o chumbo (Pb), o mercúrio (Hg) e o cádmio (Cd);

b) gases: recomenda-se que deverá haver um contínuo monitoramento de gases como o dióxido de enxofre (SO₂) e poeira de chumbo, sendo desejável que este monitoramento seja realizado em variados pontos no interior e na área externa da indústria.

c) vegetação e solo: há necessidade de fazer análises periódicas do solo e da vegetação na área da indústria e nas vizinhanças mais próximas, devendo ser realizadas para detectar uma possível contaminação por poeira.

d) qualidade do ar: orienta para que seja realizado um contínuo monitoramento da qualidade do ar dentro da edificação enclausurada, assim como nas instalações na área de abertura das baterias usadas.

e) supervisão médica: recomenda-se que todos os empregados devam ser monitorados com relação a sua saúde e um registro deles deve ser adequadamente guardado. Periodicamente, um check-up gratuito deve ser oferecido a população vizinha mais próxima.

Embora estas atividades de monitoramento possam implicar em custos e pessoal especializado, o que constitui problemas orçamentários, o documento enfatiza a importância de sua realização para prover dados que garantam a saúde ambiental na indústria de reciclagem, devendo haver incentivos e persuasão para promovê-los. Assim, pode se compreender neste resumo apresentado, parte do conteúdo do documento que apresenta as orientações técnicas para um controle ambientalmente saudável de baterias chumbo ácidas usadas, onde são traçados pontos importantes que se assemelham aos do processo proposto para a implantação de um Sistema de Gestão Ambiental, conforme preconizado na Norma da ABNT ISO-14001. Para melhor compreensão desta relação, Alhadef e Fortes utilizam a exemplificação de um sistema de gestão ambiental, sintetizado numa proposta para micro e pequenas empresas, de acordo com a Norma ABNT ISO 14001, com o objetivo de orientar os passos para a implementação de um processo contínuo de melhoramentos:

“De acordo com a linha de diretrizes a serem seguidas, como é o sugerido no modelo de um SGA pela Norma ISO 14001, desenvolve-se de forma que a sua implantação se

desdobre em etapas, utilizando-se como a ferramenta mais importante, e que poderá resumir toda a implantação do SGA, do tipo ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Deming (MOURA, 2000), composto por quatro grandes passos que são precedidos pelo "Estabelecimento da Política Ambiental", comprometimento inicial da administração/gerência, definindo-se a política que deverá ser seguida na implementação do processo como um todo.

Segue-se, então, um estudo direcionado às empresas do tipo micro / semi – artesanais.

- Política Ambiental

- Planejamento; ← PLAN
- Implementação e operação; ← DO
- Verificação e ação corretiva; ← CHECK
- Análise crítica pela administração. ← ACT

Onde o objetivo a ser alcançado não seria um ponto final, e sim um incessante conjunto de ações implementadas, que é uma condição de melhoria contínua.” (ALHADEFF & FORTES, 2001)

Contudo, conforme o assunto que estamos focalizando sobre os sistemas de retenção de contaminantes, este documento elabora sugestões, item que menciona algumas técnicas de melhoria para a qualidade de filtragem do ar, mas não apresenta definições nas recomendações e não concretiza uma explicação mais clara e objetiva dos sistemas que sugere, ou mesmo pondera vantagens de implementação dos que possam ser mais adequados.

No ANEXO IX, são apresentados alguns exemplos de investigações de chumbo na atmosfera (contaminação por chumbo) realizados por instituições de pesquisa, e comentário de acidentes ocorridos (de recente divulgação).

5.5 Sistema de Retenção de Poluentes a ser Recomendado para a Indústria de Reciclagem de Baterias Chumbo-Ácidas.

O delineamento de um problema de contaminação ambiental está configurado no momento atual, evidenciando a necessidade de se obter soluções e/ou recursos tecnológicos para atender a demanda a ser inserida no conceito do desenvolvimento sustentável, em conformidade com a Agenda 21, onde se entrelaçam questões de saúde humana, saúde ambiental, desenvolvimento tecnológico, políticas internas e internacionais.

As perspectivas para o problema exposto sobre contaminação ambiental devem ser vistas de forma otimista, uma vez que, constatado o problema, também se apresentam formas de solução.

A elucidação de fatos atuais aliados a constatação de uma preocupação internacional, direcionada especificamente para as indústrias de reciclagem de baterias chumbo ácidas, como o documento anexado à Convenção da Basiléia, reforçam a importância de se promover o estudo para implementação de medidas de engenharia de prevenção e proteção inseridas em sistemas de ventilação e exaustão, com foco nos sistemas de retenção de poluentes/contaminantes do ar. Para tanto, com embasamento teórico apresentado, além de orientações técnicas de especialistas da área em questão, construímos um primeiro passo para um conjunto de recomendações objetivando configurar um sistema de captação adequado a retenção do chumbo como contaminante ambiental.

O chumbo foi focalizado como principal elemento de potencial risco ao ambiente interno e externo às indústrias de baterias chumbo-ácidas, estando inserido num processo de reciclagem, sempre presente em procedimentos como o de fusão ou de soldagem, gerando graves riscos à saúde do homem e do meio ambiente, podendo causar danos irreversíveis. Como foi visto neste estudo, este risco foi contextualizado, desde sua origem sob todos aspectos, portanto é inquestionável a necessidade de seu controle por um sistema de retenção eficiente.

Constatados os processos e dispositivos que existem disponíveis como opções para a realização da limpeza do ar contaminado no ambiente interno de uma indústria, antes deste ser lançado à atmosfera, algumas considerações podem ser realizadas sobre quais deles podem ser viáveis e eficientes para uma indústria de reciclagem de baterias chumbo ácidas, constituída por uma micro ou pequena empresa. Contudo, estas considerações, sob forma de recomendações, utilizaram como base os dados levantados, abordando a questão sob um enfoque teórico, sem contar com as características individuais e específicas que cada uma destas indústrias possa ter. Assim aqui será construída uma recomendação a nível teórico, ficando a apreciação mais detalhada para um segundo estágio a ser desenvolvido posteriormente.

O importante é considerar que a captura de material particulado, fumos ou pós volantes em suspensão nos gases, como no caso em estudo, deve ser viabilizada, podendo ser realizada por meio de vários processos, utilizados independentes ou simultaneamente. Para isto, alguns dados devem ser ressaltados para melhor compreensão dessas recomendações:

- as partículas a serem retidas antes de alcançar o ar atmosférico, são partículas microscópicas constituintes dos vapores do chumbo, material que é fundido em várias

etapas do processo de reciclagem. Podendo chegar a ter o tamanho da próprio átomo do chumbo, isto é, poderá ser menor do que $0,01 \mu$.;

- a concentração é também muito pequena, onde pode-se ter até $0,1 \text{ mg/m}^3$, que é o limite de tolerância máximo admitido para exposição de até 48 horas semanais, conforme a Norma Regulamentadora NR-15, ANEXO N°11.

Quanto aos sistemas de retenção, nem todos possuem características para sua indicação e adequação ao problema em estudo.

Uma seleção do processo de captação passa e ser realizada sobre os dados levantados, fundamentada nas considerações contidas no Capítulo 4 – Sistemas de Retenção, na relação de características, vantagens e desvantagens apresentadas no ANEXO VII, e, basicamente, ter como ponto de partida os dados elementares contidos na Tabela 13 apresentada no Capítulo 4 deste trabalho.

De acordo com as premissas do diâmetro da partícula e eficiência de retenção, o item que servirá para uma primeira seleção na escolha do processo é o que identifica o tamanho das partículas, e eficiência da coleta.

Assim a seleção do processo de captação mais adequado para o caso em estudo deve iniciar com a eliminação dos sistemas que somente retenham partículas de grandes diâmetros, onde as câmaras / coletores gravitacionais, ou inerciais, ficam portanto excluídas.

Em seguida uma avaliação dos ciclones permite considerações quanto ao processo, que embora tenha uma boa eficiência, principalmente quando formado por um conjunto de pequenos ciclones, sua eficiência de coleta só alcança partículas de no mínimo 5μ .

Os filtros, tanto os que possuem estruturas próprias (ou para dutos), como também os de manga, devem empregar preferencialmente tecido de fibras sintéticas devido a sua melhor resistência a agressões de substâncias químicas e a altas temperaturas, uma vez que o ar com os vapores provenientes de fundição possuem temperatura mais elevada. Entretanto, de acordo com os dados levantados, os filtros, como elemento para este processo não são eficientes para partículas menores do que $0,03 \mu$. Assim pode-se concluir que o caso para retenção do chumbo em seu estado molecular é mais difícil de se solucionar do que o de contaminação por vírus ou bactérias. Entretanto, os filtros de tecido, de acordo com informações técnicas de fabricantes (TROX do Brasil – difusão de ar, acústica, filtragem, ventilação LTDA.), podem fazer uma composição com filtro de carvão ativado, que dessa forma, atuando como um adsorvente complementar o processo, muito embora sem dados técnicos precisos esta hipótese ainda está

longe de ser confirmada sem uma comprovação experimental, considerando as informações levantadas de alcance da capacidade destes filtros (ver Capítulo 4 - TABELA 13).

Os sistemas de captação que se utilizam de equipamentos lavadores de gases, dos mais diversos modelos de processos, não podem ser considerados para a retenção de partículas de chumbo, mesmo apresentando altos percentuais de eficiência de coleta, por que não há garantia de ocorrer o contato da água com as partículas do poluente que estão dispersas, com dimensão molecular, no meio de moléculas de nitrogênio e oxigênio do ar.

Entretanto os dispositivos que trabalham com processo de adsorção ou absorção também não atendem a necessidade de captação das partículas de chumbo, devido às características deste elemento, com retenção muito reduzida num leito de carvão, e devido ao tamanho molecular da partícula e baixa concentração, também não será retido no absorvente, assim como nos lavadores.

Os sistemas que utilizam incineradores também não servem para retenção de partículas que acabaram de ser liberadas por um processo de fundição, o que poderia gerar uma outra alteração do elemento chumbo, e provavelmente também desperdiçar energia entre outros problemas.

Dentre todos, os Precipitadores eletrostáticos são os dispositivos que apresentam um maior alcance em relação ao tamanho da partícula, considerado eficiente para dimensões de $0,01\mu$, podendo operar em altas temperaturas e ser aplicável a qualquer vazão de gás, somente necessitando de um controle quanto a resistividade da poeira. A eficiência é devida ao processo em que a partícula é eletrizada e a seguir capturada por um campo elétrico. Este sistema possui larga aplicação em atividades que produzam fumaças, névoas, onde existam fornos em geral (usinas siderúrgicas, metalúrgicas, caldeiras, cimenteiras, etc), de todos os portes, assim como em locais que não possa haver qualquer tipo de contaminação.

Este sistema de captação apresenta o processo (de ionização da partícula e ação de campo elétrico) que mais parece se adequar ao caso em estudo, onde o chumbo poderá estar em dimensão molecular, incluindo-se a vantagem de sua manutenção ser simples e barata, mas devendo levar em consideração a manutenção do sistema elétrico para a operação do precipitador. O equipamento apresenta dimensões variadas, conforme a demanda e/ou modelo do fabricante. Contudo é o sistema de captação de maior custo inicial. Para tanto, é importante que venham a ser estudados todas as possibilidades de sua implementação nas indústrias de reciclagem de baterias chumbo ácidas, onde deverá ser especulado a minimização deste custo de várias formas: desde um estudo mais apurado das emissões, suas concentrações, e captação direta na fonte, para possibilitar a redução do volume de gás a ser tratado e proporcionalmente o tamanho do equipamento, assim como uma proposta de viabilidade financeira a ser subsidiada por entidades ou órgãos governamentais. As duas alternativas de recomendação podem estar juntas, uma vez

que se tem demonstrado a conscientização da importância do processo de reciclagem, e do desenvolvimento sustentável, sem prejuízos ao homem e ao meio ambiente.

Considerando as recomendações apresentadas e ressaltando a de uma captação direta sobre a fonte, a sugestão de um estudo detalhado em cada indústria é o procedimento correto de proteção coletiva para o trabalhador inserido naquele ambiente. Dessa forma, sempre realizando amostragens para se obter as concentrações nas emissões e tamanho das partículas, além de restringir as áreas de emissões, com objetivo de reduzir o volume de ar contaminado a ser filtrado e a dimensão do equipamento de retenção a ser implementado.

Contudo é importante não apenas se limitar a alternativas como a do emprego de um equipamento de proteção individual, que seria o uso das máscaras faciais, e, conforme as próprias Normas Regulamentadoras (NR-6; subitem 6.2.a) preconizam, é uma alternativa destinada a proteger a saúde e a integridade física do trabalhador em circunstâncias como:

“ sempre que as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou não oferecerem completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho e/ou doenças profissionais e do trabalho”. Nem se limitar a confiar em qualquer tecnologia apresentada para o sistema de exaustão, acoplado a um dispositivo de retenção aparente, eficiente para outras partículas que não sejam as do chumbo, e não realizar o controle efetivo da captação e retenção de partículas “invisíveis” de grande risco para a população e para o meio ambiente. A não retenção das partículas de chumbo expõe a risco de doenças como o saturnismo a indivíduos, muito além do ambiente interno de uma indústria.

Neste tipo de indústria também ocorre a produção de outros vapores, como por exemplo, os do ácido sulfúrico (H_2SO_4) e os do dióxido de enxofre (SO_2), que também necessitam de um processo de captação, o que permite a este trabalho contribuir para a avaliação de sistemas de retenção destes e/ou de outros mais poluentes, contaminantes presentes numa dada indústria. De fato, o caso do chumbo, devido ao seu grande risco de contaminação, recebeu atenção exclusiva neste trabalho, o que não exclui a possibilidade de se prosseguir, em outro estágio, para uma análise de processos de captação comum aos poluentes presentes, ou mesmo de uma composição de sistemas de retenção.

CONCLUSÕES

Caracterizadas as ações antrópicas na natureza e suas consequências sobre o meio ambiente, foram estabelecidas as relações do meio ambiente para com a saúde humana, de forma que sejam devidamente repensadas e avaliadas as ações futuras de um processo de conscientização e responsabilidade social e humana, inseridas em um contexto de desenvolvimento urbano e industrial contínuo e acelerado, mas sustentável.

Na observação da história das civilizações foi possível comprovar que o problema das contaminações sempre foi um fator presente, e que chamou a atenção dos poderes dos Estados, até os dias de hoje, levando-os a realizar ações neste sentido, emergindo sua responsabilidade e vulnerabilidade toda vez que se depara a ameaça de doenças que enfraqueçam sua força de trabalho e/ou defesa.

Fica clara a importância da responsabilidade e necessidade de intervenção na dispersão de poluentes na atmosfera, porque poderá afetar a saúde do trabalhador que atua diretamente na fonte geradora, tanto num ambiente interno às indústrias, como no ambiente externo.

As normas e legislações, além de importantes acordos, nacionais e internacionais foram referenciados neste trabalho pela sua atuação, fundamentando a implementação de políticas e estratégias, além dos meios de orientação para procedimentos corretos com instrumentos específicos, num contexto técnico e gerencial. No que diz respeito aos instrumentos, foram descritas de forma sumária as técnicas de avaliação, análise e monitoramento dos poluentes.

O principal foco deste trabalho fixou-se no estudo dos diversos sistemas de retenção de poluentes, através de pesquisa das tecnologias disponíveis, onde cada uma destina-se a algumas das características e aspectos físico-químicos dos poluentes detectados no ambiente.

A referida pesquisa resultou num extenso trabalho, visto que muito tem sido desenvolvido com este objetivo, mas observou-se que a escolha de um sistema para ser implementado deve passar por uma série de requisitos básicos, no sentido de selecionar o sistema adequado para as condições em que se encontra o contaminante contido numa emissão. Após levantada esta necessidade, elaborou-se uma tabela, para facilitar a identificação dos sistemas de retenção com sua capacidade de ação, contendo informações básicas na sua implementação usual, na área industrial. O trabalho também construiu uma extensa relação de importantes considerações sobre estes sistemas, de onde se retirou os dados resumidos para a tabela confeccionada.

Como resultado foi analisado um estudo sobre uma indústria de pequeno porte. A indústria escolhida, teve sua motivação na grande representatividade dentro do contexto da produção nacional brasileira, onde se depara com situações de verdadeiro desafio, no sentido de alcançar soluções para seus problemas ambientais: a indústria de reforma de bateria tipo chumbo-ácida.

As pequenas indústrias de reciclagem de baterias chumbo-ácidas configuraram uma emissão de grande risco, em que um elemento como o chumbo, mesmo em diminutas proporções de emissão, pode oferecer risco à saúde do indivíduo e causar sérios danos ao meio ambiente. O estudo constatou a grande dificuldade destas indústrias para a retenção deste contaminante, ao longo dos processos de trabalho desenvolvidos, devido as características do elemento nas condições de fumo e vapor.

Após a avaliação das informações levantadas, sobre o poluente, os sistemas de retenção, além da identificação dos pontos de maior risco no processo de trabalho apresentado, alcançou-se como resultado a identificação e recomendação do sistema de retenção mais adequado, que é o precipitador eletrostático.

Na condição de recomendação para ser implementado em uma pequena indústria, conforme os dados levantados, este sistema não atende ao requisito de custo inicial por ser um equipamento caro. Mas, com o intuito de obter sua viabilização, deve-se enfatizar o valor do processo de reciclagem de um elemento de fonte natural limitada, a importância da aplicação das baterias, além dos riscos a saúde do trabalhador e do meio ambiente, somados a preocupação de dimensão internacional. Neste sentido sugere-se a participação do Estado e/ou instituições governamentais, órgãos controladores e fiscalizadores, entre outros, para que promovam recursos, subsídios, ou outros meios de viabilizar a utilização do sistema indicado, para que não mais ocorram acidentes como os tristes recentes exemplos oficialmente relatados.

A importância deste trabalho, e o alcance de sua proposta ficam ainda mais evidentes com a publicação de documento recentemente elaborado por uma comissão técnica da Convenção da Basiléia, cujo objetivo muito se aproxima desta pesquisa reforçando a preocupação ambiental e a busca de soluções para o caso estudado. Por este motivo, pode se considerar como incentivo para o prosseguimento de novos estudos com abordagens para melhorias das condições ambientais nas indústrias deste segmento, abrangendo questões como as outras emissões que ocorrem nestas indústrias, e todo o conjunto de condições ambientais inadequadas, passando pela gestão de segurança no trabalho, até a implementação de um sistema de gestão ambiental.

A realização deste trabalho permitiu a reunião de importantes dados e informações disponibilizados para a divulgação de conhecimento no sentido de participar da preservação da saúde do homem e do meio ambiente, com um especial enfoque ao trabalhador, para que seu meio de sustento não se transforme num caminho para enfermidades.

Por fim, esta Dissertação constitui um trabalho de aperfeiçoamento profissional, agregando informações como contribuição para divulgar a importância e necessidade de implementar ações “ambientalmente corretas” utilizando tecnologias adequadas, para que estas não invertam nobres objetivos, como o da reciclagem, em feitos de degradação ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABHO. Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. Disponível em: <<http://www.abho.com.br>>

ACEITUNO, J. “*Mais 22 Crianças estão Contaminadas com Chumbo em Bauru*”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 12 abr. 2002. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/abr/12/159.htm>>

ACEITUNO, J. “*Já são 76 Crianças Contaminadas por Chumbo em Bauru*”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 18 abr. 2002. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/abr/18/131.htm>>

ACGIH. American Conference of Governmental and Industrial Hygienists. Disponível em: <<http://www.acgih.gov>>

ALDEN, J. L.; KANE, J. M.; Design of industrial ventilation systems, 5 th edition, New York – NY, Industrial Press Inc., 1981. ISBN 0-8311-1138-0.

ALEXANDRE, C. S., Filtragem de ar – Manual Técnico. Curitiba: TROX TECHNIK. 32 p. 1991.

ALHADEFF, C. M.; FORTES, J. D. N., “As Relações de Poder do Estado e o Trabalhador, com Foco nas Atividades Produtivas das Empresas Privadas de Pequeno e Médio Porte, sob a Ótica da Saúde e do Ambiente: Estudo de Caso”, trabalho final de disciplina realizada no CESTEH / ENSP / FIOCRUZ - Área de Saúde, Trabalho e Ambiente, R.J., 2000.

ALHADEFF, C. M.; FORTES, J. D. N., “Estudo de Caso do Processo de Implantação de SGA em Pequenas Empresas”, trabalho final de disciplina realizada no DESMA / FEUERJ / UERJ – Área de Gestão Ambiental, R.J., 2001.

ALHADEFF, C. M.; FORTES, J. D. N., “Métodos de Amostragem e Análise de Poluentes Gasosos”, trabalho final de disciplina realizada no DESMA / FEUERJ / UERJ – Área de Controle de Poluição, R.J., 2001.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. COMMITTEE ON INDUSTRIAL VENTILATION, Industrial Ventilation – A Manual of Recommended Practise. Lansing, Michigan, 48902, U.S.A : EDWARDS BROTHERS incorporated. 1974.

ARAÚJO, U. C., “ Avaliação da Exposição ao Chumbo em Ambientes de Trabalho: Aplicação de Parâmetros Ambientais e Biológicos” – Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz – Área de toxicologia ocupacional, 1996.

ARAÚJO, U.; PIVETTA, F.; MOREIRA, J., Avaliação da Exposição Ocupacional ao Chumbo: Proposta de Uma Estratégia de Monitoramento para Prevenção dos Efeitos Clínicos e Subclínicos. In Cadernos de Saúde Pública. Rio de Janeiro, 15 (1): 123-131, jan. - mar, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001 . Sistemas de gestão ambiental – Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6401 .Instalações centrais de ar – condicionado para conforto – Parâmetros básicos de Projeto. Rio de Janeiro, 1978.

BASEL CONVENTION. Convenção da Basiléia. Disponível em:

<<http://www.basel.int/>> e

< <http://www.basel.int/mettings/TWG/TWG20/Predocs/twg20-pre.htm>>.

BECKER, D. F.(Org.) Desenvolvimento Sustentável-2^a ed – Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 1999.238P. ISBN 85-85869-39-9

BROWN, T. L. et al., “Química: Ciência Central”, LTC editora, Rio de Janeiro, 7^aedição, 1997, 702 pp.

BRANCO, S. ; MURGEL, E., Poluição do Ar. São Paulo, Editora Moderna, 1995.

BRASIL. Normas Regulamentadoras (NR) aprovadas pela portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978 – 43^a ed.. Lex – Coleção de Manuais de Legislação: Atlas, São Paulo, v. 16, 1999.

Segurança e Medicina do Trabalho. ISBN 85-224-2307-5.

BUONICORE, A . J.; DAVIS, W. T.; AIR & WASTE MANAGEMENT ASSOCIATION; Air Pollution Engineering Manual, New York –NY: Van Nostrand Reinhold – International Thomson Publishing, Inc., 1992. ISBN 0-442-00843-0.

BURGESS, W. A .; ELLENBECKER, M. J.; TREITMAN, R. D.; Ventilation for control of the work environment, New York . Chichester . Brisbane . Toronto . Singapore, A Wiley-Interscience publication – John Wiley & Sons, Inc., 1989. ISBN 0-471-89219-X.

CAMPANILI, M. “*Justiça fecha Empresa em Bauru por Contaminação Ambiental*”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 10 abr. 2002. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/abr/10/97.htm>>

CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY, Manual de aire acondicionado, Barcelona: MARCOMBO, S. A . de Boixareu Editores. 1970.

CERVO, B. C., “A Contribuição das Indústrias Fabricantes de Sistemas de Ventilação e Exaustão para a Melhoria da Qualidade do Ar em Pequenas e Médias Empresas do Ramo Metal-Mecânico no Município do Rio de Janeiro” – Projeto Final de Graduação, DESMA / FEUERJ / UERJ, R.J., 2002.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br> >

CURSO DE ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO: FUNDACENTRO, São Paulo, v. 6, 1981.

CRQ4. Conselho Regional de Química 4ª Região. Disponível em: < <http://www.crq4.org.br> >

EPA. United States Environmental Protection Agency. Disponível em: < <http://www.epa.gov> >

FEEMA -Fundação estadual de engenharia do meio ambiente. Manual do meio ambiente; métodos. Rio de Janeiro, Dicomt, 1983.

FLEURY, A . C. C.; VARGAS, N. (Org); Organização do trabalho: uma abordagem interdisciplinar; sete estudos sobre a realidade brasileira, 1ª ed., São Paulo – SP, Editora ATLAS S.A ., 1983.

FOLHA DE SÃO PAULO, “Número de mortos volta a crescer em 95”, p. 9, São Paulo - SP, 16/06/96.

FOUCAULT, M., Microfísica do poder, 3ª ed., Rio de Janeiro: Edições Graal, 1982.

FREITAS, C. M., PORTO, M. F. S. & MACHADO, J. M. H. “Acidentes Industriais Ampliados: desafios e perspectivas para o controle e prevenção”, FIOCRUZ, Rio de Janeiro-RJ, 2000.

FREITAS, N. B. B.; ARCURI, A . S. A ., “ Valor de Referência Tecnológico (VRT) – A Nova Abordagem do Controle da Concentração de Benzeno nos Ambientes de Trabalho”, ENSP / FIOCRUZ, USP, FUNDACENTRO, 2000.

FURTADO, C.; O capitalismo global, 4ª ed., São Paulo – SP: Editora Paz e Terra S.A., 1998. ISBN 85-219-3010-3.

GOMES, J. C. “*A Ponta do Iceberg*”: *A crise da contaminação química do solo paulista está apenas começando*”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 24 mai. 2002. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/mai/24/178.htm>>

JOHN, L. “*Reciclagem de Baterias tem Novas Diretrizes Internacionais*”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 28 mai. 2002. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/mai/28/187.htm>>

KABEL, R. L.; HEINSOHN, R. J. “Sources and Control of Air Pollution”, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 696 pp.

KANAWATY, G. (Org). OIT – Condiciones y medio ambiente de trabajo. Genebra: Oficina internacional del Trabajo, 4ª ed., 1996.

LAURELL, A.C. & NORIEGA, M. “Processo de Produção e Saúde: Trabalho e Desgaste Operário. São Paulo: Hucitec, 1989. pp.99-1404.

MACHADO, C.J.S., (2001). Um quadro sinóptico do processo de formação do arcabouço jurídico institucional ambiental brasileiro. Revista Internacional de Estudos Políticos, Rio de Janeiro, v. 3, n.1., p. , jan/abr 2001.

MACINTYRE, A. J. Ventilação industrial e controle da poluição.- 2ª ed.-Rio de Janeiro: LTC Editora, 1990. 430 p.

MALTA, C. G. T.; TRIGO, L. A . S. C.; CUNHA, L. S., “Chumbo”, Trab. Pós-Grad. Med. do Trabalho, Esc. Medicina, F. T. E. Souza Marquez. Área de Toxicologia. R.J., 1998. Disponível em:

<[http:// www.geocities.com/HotSprings/Resort/4486/chumbo/chumbo1.htm](http://www.geocities.com/HotSprings/Resort/4486/chumbo/chumbo1.htm) >

MANAHAN, S. E. “Environmental Chemistry”, Lewis Publ., 7 th edn, Flórida, USA, 2000, 898 pp.

MATTOS, U. A . O .; FORTES, J. D. N. , “Um perfil das micro-empresas do tipo metal-mecânico do município do rio de Janeiro”, DESMA / FEUERJ, 2001.

MENDES, R. & DIAS, E.C., 1991. “Da Medicina do Trabalho à Saúde do Trabalhador”. Revista de Saúde Pública, 25 (5) : p.341 –349, 1991.

MENDES, R. (Org.). Patologia do Trabalho – Rio de janeiro: Editora Atheneu, 1995.

MENOCCHI, S. “*Funcionários em Jacareí podem estar Contaminados por Chumbo*”. O Estado de S. Paulo, São Paulo, 20 dez. 2001. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2001/dez/20/288.htm>>

MESQUITA, A. L. S.; GUIMARÃES, P.A .; NEFUSSI , N. Engenharia de Ventilação Industrial – 1ª ed. – São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda. 1977.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES. MRE. Disponível em:
(<http://www.mre.gov.br/acs/diplomacia/portg//temas/ma001.htm>)

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, MMA. Disponível em:
< <http://www.mma.gov.br> >

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO , MtbE. Disponível em:
< <http://www.mtbe.gov.br> >

MOURA, L. A. A. Qualidade e gestão ambiental: sugestão para implantação das Normas ISO14000 nas empresas.- 2^a ed. – São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2000. 256 p.: 14 x 21 cm. ISBN 85-7453-120-0.

NORIEGA, M., 1993, Organización Laboral, Exigencias y Enfermedad, in “Investigación sobre la Salude de los Trabajadores”, OPS, Série Paltex, Washington-EEUU, 1993.

OLIVEIRA, M.H.B. e VASCONCELLOS, L.C.F.,1992: “Política de Saúde do Trabalhador no Brasil: Muitas Questões Sem Resposta”, Caderno de Saúde Pública, 8(2): 150-156, abr/jun, Rio de Janeiro-RJ, 1992

OSHA. Occupational Safety & Health Administration. Disponível em:
< <http://www.osha.gov>>

PACHECO Jr, W.; PEREIRA F^o, H. V.; PEREIRA, V. L. D. V., Gestão de segurança e higiene do trabalho: contexto estratégico, análise ambiental, controle e avaliação das estratégias – São Paulo: Atlas, 2000. 136 p. ISBN 85-224-2436-5.

PEAVY, H. S.; ROWE, D. R.; TCHOBANOGLIOUS; Environmental engineering, International Edition, Singapore, McGraw-Hill Book Co.,1985. ISBN 0-07-100231-6.

QUITÉRIO, S. L.; MARTINHON, P. T.; ARAÚJO, U. C.; MATTOS, R.; MOREIRA, M. F. R.; SANTOS, L. S. C. ; SILVA, C. R. S.; VAITSMAN, D. S., “ Monitoramento e Determinação da Concentração de Chumbo Particulado em Áreas Circunvizinhas a Reformadoras de Baterias”, IQ / UFRJ, Lab. De Toxicologia CESTEHE / ENSP / FIOCRUZ,

R.J., 2000.

SALIBA, T. M.; CORRÊA, M. A . C.; Insalubridade e periculosidade: aspectos técnicos e práticos, 4ª ed. atual., São Paulo – SP, LTr editora Ltda, 1998. ISBN 85-7322-535-1.

SAMET, J. M. and SPENGLER, J. D.; Indoor Air Pollution: A health perspective - Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 1991. ISBN 0-8018-4124-0. – ISBN 0-8018-4125-9 (pbk).

SANTOS, A. S. R. Desenvolvimento Sustentável: considerações. Meio Ambiente Industrial, São Paulo, v.29, n° 28, p 82-84, jan/fev 2001.

SAYAD, J. “ Panorama da economia brasileira Contemporânea”, 2001, Internet, Disponível em:< <http://www.brasil.gov.br> >.

SELL, N. J., Industrial Pollution Control: Issues and Techniques, 2ª ed., New York, U.S. A.: John Wiley & Sons, Inc. 1992. ISBN 0-471-28419-X.

SILVA FILHO, E.V. “Geoquímica da Deposição Atmosférica no Litoral do Estado do Rio de Janeiro”, tese de doutorado, apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, área de Geoquímica Ambiental, UFF, Niteroi, 1997.

SHUBO, A . M. R.; PORTELA, L. F.; GÓMEZ, M. B.; TABALIPA, M., Análise e diagnóstico das condições de trabalho em indústrias de baterias chumbo-ácidas, trabalho apresentado no encerramento de Curso de Especialização de Saúde do Trabalhador, CESTEJ / ENSP / FIOCRUZ, R.J., 2001.

SKERFVING, S., Inorganic Lead. In: Criteria Documents from the Nordic Expert Group, pp 125 - 238. Sweden : Ed. Brita Beije och Per Lundberg. 1993.

TEIXEIRA , P. (Org), Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar, 1ª ed – Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 1996. 362 p. ISBN 85-85676-29-29.

TIERNEY Jr., L. M.; McPHEE, S. J.; PAPADAKIS, M. A .; Diagnóstico e tratamento: um livro médico LANGE, São Paulo – SP, atheneu Editora, 1998.

TORREIRA, R. P., Manual de Segurança Industrial, MCT Produções Gráficas, Brasil, 1999.

UERJ. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.uerj.br>

VOGEL, A. I. et al. “Análise Química Quantitativa” LTC editora, Rio de Janeiro, 5ª edição, 1992, 712 pp.

WAISSMANN, W.; “A Cultura de Limites e a Desconstrução Médica das Relações entre Saúde e Trabalho”, tese de doutoramento apresentada ao CESTEH/ENSP/FIOCRUZ, Rio de Janeiro- RJ, 2000.

WORLD HEALTH ORGANIZATION SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND HEALTHY ENVIRONMENTS, Hazard Prevention and Control in the Work Environment: Airborne Dust, Protection of Human Environment, Occupational and Environmental Health Series, Geneva, 1999.

ANEXOS

ANEXO I

TABELA 4 : Valores Limites Máximos para Poeiras, Fumaças e
Neblinas Tóxicas ACGIH.

TABELA 5 : Órgãos Afetados, Doenças e Outros Males Causados
por Alguns Produtos Químicos Largamente Fabricados e Empregados.

TABELA 6 : Concentrações Consideradas como Fatais ao Homem.

Fonte: MACINTYRE, 1990.

TABELA 4: Valores Limites Máximos para Poeiras, Fumaças e Neblinas Tóxicas - ACGIH

ACGIH
Conference of Governmental Industrial Hygienists — Industrial
Ventilation, ed. 1985-1986

Substâncias	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Acetaldeído	100	180	150	270
Acetato de etila	400	1.400	—	—
Acetato de metila	200	610	250	760
Acetato de vinila	10	30	30	60
Acetato n-propil	200	840	250	1.050
Acetona	750	1.780	1.000	2.375
Acetonitrila	40	70	60	105
Ácido acético	10	25	150	270
Ácido tricloroacético	1	7	—	—
Ácido fórmico	5	9	—	—
Ácido crômico e cromatos	—	0,5	—	—
Ácido fosfórico	—	1	—	3
Ácido nítrico	2	5	4	10
Ácido pícrico (efeito sobre a pele)	—	0,1	—	0,3
Ácido sulfúrico	—	1	—	—
Acetileno (tetrabrometo de)	1	15	1,5	20
Acroleína (aldeído acético)	0,1	0,25	0,3	0,8
Acrilato de etila (pele)	5	20	25	100
Acrilato de metila (pele)	10	35	—	—
Álcool alílico (pele)	2	5	4	10
Álcool n-butílico (pele)	50	150	—	—
Álcool etílico (etanol)	1.000	1.900	—	—
Álcool metílico (metanol) (pele)	200	260	250	310
Álcool propílico (pele)	200	500	250	1.050
Aldrin (hexacloro) (pele)	—	0,25	—	0,75
Amônia	25	18	35	27
Anidrido acético	5	20	—	—
Anilina (pele)	2	10	5	20
Antimônio	—	0,5	—	—
Arsenato de chumbo	—	0,15	—	—
Arsênico e compostos	—	0,2	—	—
Arsina	0,05	0,2	—	—
Bário (compostos solúveis)	—	0,5	—	—
Benzeno (benzol) (pele)	10	30	25	75
Benzila, cloreto de	1	5	—	—
Berílio	—	0,002	—	—
Bióxido de carbono (CO ₂)	5.000	9.000	—	—
Boro, óxido de	—	10	—	20
Brometo de metila (pele)	5	20	15	60
Brometo de hidrogênio (ácido bromídrico)	3	10	—	—
Bromofórmio (pele)	0,5	5	—	—
Butadieno (1,3 butadieno)	1.000	2.200	1.250	2.750
Butilamina (pele) (valores teto)	5	15	—	—
Butano	800	1.900	—	—
Cádmio, óxido de (fumo)	—	0,05	—	0,2
Cálcio, carbonato de	—	—	—	20
Cálcio, óxido de	—	5	—	—
Cânfora	2	12	3	18
Carbono, sulfeto de	20	30	—	—
Carbono, monóxido de	50	55	400	440
Celosolve (2 etoxietanol)	200	740	—	—
Chumbo	—	0,15	—	0,45
Chumbo, arseniato de	—	0,15	—	—
Chumbo, tetraetila (pele)	—	0,1	—	0,3
Cianetos, pele	—	5	—	—
Cianogênio	10	20	—	—
Ciclo hexanol	50	200	—	—
Cloreto de alila	1	3	2	6
Cloreto de etila	1.000	2.600	1.250	3.250
Cloreto de hidrogênio (ácido clorídrico)	5	7	—	—

TABELA 4: Valores Limites Máximos para Poeiras, Fumaças e Neblinas Tóxicas - ACGIH

segundo a A	ACGIH Conference of Governmental Industrial Hygienists — Industrial Ventilation, ed. 1985-1986			
	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Substâncias				
Cloreto de metila	50	105	100	205
Cloreto de metileno (diclorometano)	100	350	500	1.740
Cloreto de vinila (cloroetileno)	5	10	—	—
Cloro, óxido de (Cl ₂ O)	0,1	0,3	0,3	0,9
Cloroacetaldeído (limites máximos)	1	3	—	—
Clorobenzeno	75	350	—	—
Clorodifenil (54% cloro)	0,5	1	—	—
Cloroetileno (cloreto de vinila)	5	10	—	—
Clorofórmio (triclorometano)	10	50	50	225
Cloroprene	10	35	—	—
Cobalto	—	0,1	—	—
Cobre (fumos)	—	0,2	—	—
Cianamida	—	2	—	—
Cobre (poeiras e neblinas)	1	—	—	2
Cromo	0,5	—	—	—
Cresol (e todos os isômeros) (pele)	5	22	—	—
DDT [2,2-bis(p-clorofenil)-tricloroetano] (pele)	—	1	—	3
Clorodifluorometano	1.000	3.500	1.250	4.350
Dicloreto de propileno	75	350	110	510
Dimetilamina	10	18	—	—
Dinitrobenzono (e todos os isômeros) (pele)	0,15	1	0,5	3
Dinitrotolueno (pele)	—	1,5	—	5
Dióxido de enxofre	2	5	5	10
Dióxido de nitrogênio	3	6	5	10
Dióxido de titânio	—	—	—	20
Enxofre, hexafluoreto de	1.000	6.000	1.250	7.500
Enxofre, pentafluoreto de	0,025	0,25	0,075	0,75
Estanho (compostos inorgânicos)	—	2	—	—
Estanho (compostos orgânicos)	—	0,1	—	—
Estricnina	—	0,15	—	0,45
Etanol (ver álcool etílico)	—	—	—	—
Éter etílico	400	1.200	500	1.500
Éter isopropílico	250	1.050	310	1.320
Etila, brometo de	200	890	250	1.110
Etila, cloreto de	1.000	2.600	1.250	3.250
2 Etoxi-etanol (pele)	5	19	—	—
Fenil-hidrazina (pele)	5	20	10	45
Fenol (pele)	5	19	10	38
Ferrovanádio, poeiras de	—	1	—	3
Flúor	0,1	0,2	—	—
Fluoreto de hidrogênio (ácido fluorídrico)	3	2,5	6	5
Fluoretos	—	2,5	—	—
Fosgênio	0,1	0,4	—	—
Formaldeído	1	1,5	2	3
Fósforo (amarelo)	—	0,1	—	0,3
Fósforo (tricloreto de)	0,2	1,5	0,5	3
Gás carbônico (CO ₂)	5.000	9.000	15.000	27.000
Fumos de óxido de magnésio	—	10	—	—
Furfural (pele)	2	8	10	40
Gasolina	330	900	500	1.500
GLP	1.000	1.800	1.250	2.250
Hexana (n-Hexane)	50	180	—	—
Hexona (metil-isobutil-cetona)	100	410	—	—
Hidrazina (pele)	0,1	0,1	—	—
Hidróxido de sódio ou potássio	—	2	—	—
Iodo	0,1	1	—	—
Isocianeto de metileno biofenil (MDI)	0,02	0,05	—	—
Lítio, hidreto	—	0,025	—	—
Magnésio, fumos de óxido de	—	10	—	—
Manganês	—	5	—	—

TABELA 4: Valores Limites Máximos para Poeiras, Fumaças e Neblinas Tóxicas – ACGIH (3/3)

segundo a ACGIH Conference of Governmental Industrial Hygienists
— Industrial Ventilation, ed. 1985-1986

Substâncias	TLV-TWA		TLV-STEL	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Mercúrio (compostos orgânicos) (pele)	—	0,05	—	—
Metilmercaptan	0,5	1	—	—
Metilcelosolve (pele)	25	80	—	—
Molibdênio (compostos insolúveis)	—	10	—	20
Molibdênio (compostos solúveis)	—	5	—	10
Monocloreto de enxofre	1	6	3	18
Naftaleno	10	50	15	75
Neblina de óleo (mineral)	—	5	—	10
Nicotina (pele)	—	0,5	—	1,5
Níquel carbonila (como Ni)	0,05	0,35	—	—
Nitrobenzeno (pele)	1	5	2	10
Nitrogênio, dióxido de	3	6	5	10
Nitroglicerina (pele)	0,05	0,5	—	—
Nitrotolueno, pele	2	11	—	—
Óxido de cálcio	—	2	—	—
Óxido de cloro (Cl ₂ O)	0,1	0,3	0,3	0,9
Óxido de etileno	1	2	—	—
Óxido de propileno	20	50	—	—
Óxido de zinco (fumos)	—	5	—	10
Ozônio	0,1	0,2	0,3	0,6
Percloroetileno (tetracloroetileno)	50	335	200	1.340
Pentacloreto de fósforo	0,1	1	—	—
Pentaclorofenol (pele)	0,1	0,5	—	1,5
Pentafluoreto de enxofre	0,025	0,25	0,075	0,75
Peróxido de hidrogênio, 90%	1	1,5	2	3
Piretro	—	5	—	10
Piridina	5	15	10	30
Platina (sais solúveis)	—	0,002	—	—
Propileno, dicloreto de	75	350	110	510
Quinona	0,1	0,4	0,3	1
Sódio, hidróxido de	—	2	—	—
Sulfeto de hidrogênio (gás sulfídrico)	10	14	15	21
Sulfeto de carbono	10	30	—	—
Sulfuril, fluoreto de	5	20	10	40
Tetracloreto de carbono	5	30	20	125
Titânio, dióxido de	—	—	—	20
Tolueno (toluol)	100	375	150	560
Triclorometano (clorofórmio)	10	50	50	225
Tricloreto de fósforo	0,2	1,5	0,5	3
Trinitrotolueno (pele)	0,5	—	—	3
Urânio (compostos solúveis e insolúveis)	—	0,2	—	0,6
Vanádio (V ₂ O ₅ — fumos)	—	0,05	—	—
Zinco, óxido de (fumos)	—	5	—	10
Zircônio, compostos de	—	5	—	10

1 ppm = 1 parte de vapor ou gás por milhão de partes de ar, por volume, a 25°C e 760 milímetros de mercúrio.

1 ppm = 10⁻⁶ m³/m³

1 mg/m³ = 1 miligrama de substância por 1 metro cúbico de ar

1% de volume = 10.000 ppm

TABELA 5: Órgãos Afetados, Doenças e Outros Males Causados por Alguns Produtos Químicos Largamente Fabricados e Empregados (1/2)

Tabela 2.5 Órgãos afetados, doenças e outros males causados por alguns produtos químicos largamente fabricados e empregados

1. HIDROCARBONETOS ALIFÁTICOS		
Metano		asfixia
Propano TLV = 1.000 ppm		narcorese
Butano		narcorese
GLP (gás liquefeito de petróleo)		narcorese
Acetileno		asfixia
2. HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS		
Benzeno TLV = 25 ppm	GV	asfixia
Nafta (alcatrão de hulha) TLV = 100 ppm	O-N-G	narcorese, anemia
Estireno TLV = 100 ppm	O-N-G	narcorese
Voláteis de alcatrão TLV = 0,2 mg/m ³	O-N-G	câncer
3. HIDROCARBONETOS CLORADOS		
Cloro de metila TLV = 100 ppm, F-O-N-G		narcorese
Clorofórmio TLV = 50 ppm	F	narcorese
Tetracloro de carbono TLV = 10 ppm	F-P-R	narcorese
Hexacloroetano TLV = 1 ppm	P-F	narcorese
Cloro de vinila TLV = 500 ppm		narcorese
4. ÁLCOOIS, FENÓIS, ÉTERES		
Álcool metílico (metanol) TLV = 200 ppm	O-N-G	narcorese
Álcool etílico TLV = 1.000 ppm	O-N-G	narcorese
Álcool propílico TLV = 200 ppm	O-N-G	narcorese
Fenol TLV = 5 ppm	P-O-N-G-F-R	narcorese
Éter etílico TLV = 400 ppm	O-N-G	narcorese
5. ALDEÍDO CETONAS		
Aldeído fórmico TLV = 5 ppm	O-N-G-B	alergia
Aldeído acético TLV = 200 ppm	O-N-G-B	edema pulmonar
Acetona TLV = 400 a 1.000 ppm	O-N-G	narcorese
6. ÁCIDOS ORGÂNICOS ANIDROS		
Ácido fórmico TLV = 5 ppm	O-N-G	
Ácido acético TLV = 10 ppm	O-N-G	
7. COMPOSTOS METÁLICOS (FUMOS, POEIRAS)		
Antimônio TLV = 0,5 mg/m ³		Ação sobre o coração e os rins
Arsênico TLV = 0,5 mg/m ³		Distúrbios gástricos, pele, pigmentação
Cádmio (poeira) TLV = 0,2 mg/m ³		Vômito, câibras abdominais
Cádmio (fumos) TLV = 0,1 mg/m ³		Vômito, pneumonite, rins
Óxido de cálcio TLV = 5 ppm		Irritação dos olhos, nariz e garganta
Cromo (metal e insolúvel) TLV = 1 mg/m ³		Rins, câncer pulmonar
Sais cromoso e crômico TLV = 0,5 mg/m ³		Rins, câncer
Ácido crômico, cromatos TLV = 0,1 mg/m ³		Irritação do nariz. Rins; câncer pulmonar; aumento do número de GV. Hipertrofia do baço
Cobalto (metal, poeira) TLV = 0,1 mg/m ³		Policitemia, pneumonite, rins.
Cobre (poeira) TLV = 1 mg/m ³		Irritação do nariz, distúrbios gástricos, rins, anemia
Cobre (fumo) TLV = 0,1 mg/m ³		Idem, idem.
Óxidos TLV = 10 mg/m ³		Febre de fumo (depósito nos pulmões)
Chumt = 0,2 mg/m ³		Anemia, rins
Mercú = 0,1 mg/m ³		Pele, SNC, tremores; rins; aparelho digestivo; vias respiratórias
Níquel = 1 mg/m ³		Coração, rins, fígado
Prata (solúvel) TLV = 0,1 mg/m ³		Depósitos negros na pele
Chumt = 0,075 mg/m ³		Pele, depósitos nos pulmões
Estanh = 5 mg/m ³		Rins; anemia
Óxido = 5 mg/m ³		Câncer intestinal; febre de fumo; vias respiratórias.
8. GASES E VAPORES INORGÂNICOS		
Ozona (ozônio) TLV = 0,1 ppm	O-N-G-B-A	
Óxido nítrico TLV = 25 ppm	O-N-G-B-A	
Dióxido de nitrogênio TLV = 5 ppm	O-N-G-B-A	
Amônia TLV = 50 ppm	O-N-G-B	

TABELA 5: Órgãos Afetados, Doenças e Outros Males Causados por Alguns
Produtos Químicos Largamente Fabricados e Empregados (2/2)

Tabela 2.5 (cont.) Órgãos afetados, doenças e outros males causados por alguns produtos químicos largamente fabricados e empregados

Cloro TLV = 1 ppm	O-N-G-B	
Bromo TLV = 0,1 ppm	O-N-G-B	
Iodo TLV = 0,1 ppm	O-N-G-B	
Cloreto de hidrogênio (HCl) TLV = 5 ppm	O-N-G-B	
Brometo de hidrogênio TLV = 3 ppm	O-N-G-B	
Fluoreto de hidrogênio TLV = 3 ppm	O-N-G-B	
Ácido nítrico TLV = 2 ppm	O-N-G-B	
Dióxido de enxofre TLV = 5 ppm	O-N-G-B	
Dióxido de carbono TLV = 5000 ppm		asfixia
Monóxido de carbono TLV = 50 ppm	O-N-G-B	asfixia química
Cianeto de hidrogênio TLV = 10 ppm		asfixia química
Cianogênio TLV = 10 ppm		asfixia química
Sulfeto de hidrogênio TLV = 10 ppm		paralisia respiratória
9. PARTÍCULAS IRRITANTES		
Negro de fumo TLV = 3,5 mg/m ³		
Hidróxido de sódio TLV = 2 mg/m ³		
Ácido sulfúrico TLV = 1 mg/m ³		
10. POEIRAS		
Cristalinas		
Silica alta (acima de 50% de SiO ₂ livre)		
TLV = 5 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Silica média (5 a 50% de SiO ₂ livre) TLV = 20		
mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Poeiras amorfas, incluindo terras diatomáceas TLV =		
20 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Asbesto (amianto) TLV = 5 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Pedra-sabão, talco e mica TLV = 20 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva
Cimento portland TLV = 50 mppcf		Fibrose pulmonar progressiva

Abreviaturas: O = olhos; N = nariz; G = garganta; B = brônquios; A = alvéolos pulmonares; PS — pressão sanguínea; SNC = sistema nervoso central; GV = glóbulos vermelhos; F = fígado; P = pele; R = rim

TABELA 6: Concentrações Consideradas Fatais ao Homem
(expressas em ppm)

Tabela 2.4b Concentrações consideradas como
fatais ao homem expressas em ppm

Dióxido de carbono (CO ₂)	100.000
Dióxido de enxofre (SO ₂)	400
Amônia (NH ₃)	750
Gás sulfídrico (H ₂ S)	750
Ácido clorídrico (HCl)	500
Óxidos de nitrogênio (NO + NO ₂)	250
Ácido fluorídrico	100

TÉCNICAS DE ANÁLISES PARA PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM E ANÁLISES

Técnicas de Análise para Procedimentos de Amostragem e Análises

Exemplos com descrição sumária

i) MÉTODO DA PARAROSANILINA

- Utilizado para a determinação de SO₂ no ar.
- Característica geral e descrição sumária do método:

Este é um método de referencia utilizado para analisar SO₂, geralmente aplicado para análises de 0,005 – 5 ppm no ar ambiente. Ele utiliza uma solução de 0,04 M de tetracloromercurato de potássio (TCM), para coletar o SO₂, na seguinte reação:



Desta forma o SO₂ absorvido do ar numa solução de tetracloromercurato de potássio (TCM), forma um complexo de diclorossulfitomercurato (HgCl₂SO₃²⁻), resistente à oxidação pelo oxigênio do ar, e estável a oxidantes fortes como o ozônio e óxidos de nitrogênio.

O complexo reage com a pararosanilina (PRA) e formaldeído formando o ácido pararosanilina-metil-sulfônico, intensamente colorido.

A absorbância da solução é medida espectrofotometricamente, num espectrofotômetro (*) adequado para medir absorbância em (num comprimento de onda de) 548nm com uma banda espectral efetiva de largura menor que 15nm.

- O método é utilizado para medição de SO₂ no ar ambiente, usados períodos de amostragem de até 24 horas.
- As concentrações limites do SO₂, que podem ser medidas, estão na faixa de 25 a 1050µg/ m³ (0,01 a 0,40 ppm). Podem-se medir concentrações abaixo de 25µg/ m³ por amostragem de maiores volumes de ar, e maiores concentrações podem ser analisadas usando amostras menores. Pela sensibilidade do método, o limite inferior de detecção de SO₂ em 10ml de solução de TCM é de 0,75µg, representando uma concentração de 35µg SO₂/ m³ (0,01 ppm) numa amostra de ar de 30 litros.

- As interferências conhecidas têm sido eliminadas ou minimizadas, como por exemplo: óxidos de nitrogênio são eliminados por ácido sulfâmico, o ozônio por tempo de espera, etc..

I

- Este método é recomendado pela FEEMA (MF 605), nas atividades de controle de poluição do ar ambiente, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP; e também pelo CONAMA (Resolução nº 3 de 28/06/1990) e pela norma ABNT – NBR 9546 (set/86).

ii) MÉTODO DA LUMINESCÊNCIA QUÍMICA (QUIMIOLUMINESCÊNCIA)

- Utilizado para a Determinação de oxidantes fotoquímicos no ar
- Característica geral e descrição sumária do método:

Este é um método aplicável para a medição contínua do ozônio no ar ambiente.

O ar ambiente e etileno são injetados para uma zona de reação onde o ozônio (O_3) do ar reage com o etileno para emitir luz que é detectada por um tubo fotomultiplicador, cujo sinal (foto-corrente) é amplificado e lido ou registrado em um registrador de forma gráfica.

Seus limites de concentração, vão desde $9,8 \mu gO_3/ m^3$ até valores acima de $1.960 \mu gO_3/ m^3$ (0,005 ppm até acima de 1 ppm).

A sensibilidade do método é de $9,8 \mu gO_3/ m^3$ (0,005 ppm O_3)

Normalmente não tem interferências, nem mesmo por outros agentes oxidantes e redutores encontrados no ar.

- A aparelhagem utilizada é composta de: Célula Detectora; Medidor de Vazão do Ar; Medidor de Vazão do Etileno; Filtro de Entrada de Ar; Tubo Fotomultiplicador; Fonte de Alta Voltagem; Amplificador de Corrente Contínua; Registrador; Fonte de Ozônio e Sistema de diluição, e Aparelhagem para Calibrador.
- Os oxidantes atmosféricos comumente analisados são: Ozônio, Hidrogênio, Peróxido, Peróxidos orgânicos e o Cloro, mas geralmente o nível de oxidantes é expresso em termos de Ozônio, embora se saiba que nem todos reagem com a mesma eficiência do Ozônio.

- Este método é recomendado pela FEEMA (MF 608), nas atividades de controle de poluição do ar ambiente, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP; e pelo CONAMA (Resolução nº 3 de 28/06/1990).

iii) MÉTODO DE ESPECTROMETRIA NÃO DISPERSIVA DE INFRAVERMELHO

- Utilizado na determinação contínua de monóxido de carbono no ar.
- Característica geral e descrição:

Este é um método baseado na absorção da radiação infravermelha pelo monóxido de carbono (CO).

Utiliza-se inicialmente a técnica de desumidificar e filtrar o ar para em seguida passar por uma célula detectora dupla, em que uma é chamada de *Célula de referência* contendo “gás zero” (nitrogênio ou hélio contendo menos de 0,1 mg de CO/m³), e a outra *Célula da amostra*. Estas células fazem parte de um instrumento representado por um analisador não dispersivo, em corrente contínua. Neste dispositivo, feixes idênticos passam pelas duas células. Os dois sinais são equilibrados, um contra o outro, depois da detecção por um detector de diafragma. Quando houver uma elevação do nível de monóxido de carbono na corrente que passa pela célula da amostra, a radiação infravermelha a 4,2 µm é absorvida e a intensidade do feixe infravermelho que atinge o detector fica diminuída. O diafragma se deforma, em virtude do efeito térmico não equilibrado, e registra-se um sinal correspondente à quantidade de monóxido de carbono na amostra. Normalmente o sinal é numa folha ou papel contínuo.

A faixa de concentração mais usual dos instrumentos disponíveis é de 0 a 58 mg CO/m³ (a 50 ppm). A sensibilidade é de 1% da escala total por 0,6 mg CO/m³ (0,5 ppm).

Podem ocorrer interferências, conforme o instrumento utilizado, como a do efeito do CO₂ - mínimo em concentrações normais; e o do vapor d'água - quando equivalente a 12mg CO/m³ pode ser minimizado utilizando-se dessecantes, mantendo-se umidade constante por meio de refrigeração ou saturamento, ou usando-se filtros óticos em combinação com estas outras medidas.

- Curiosidade: outra aplicação da específica da espectrometria quantitativa no infravermelho é sua utilização na medição do etanol no ar expirado por motoristas suspeitos de ingestão de bebidas alcoólicas, antes de conduzirem veículos. É um analisador mundialmente utilizado por ser bastante confiável.

- Este método é recomendado pela FEEMA (MF 607), nas atividades de controle de poluição do ar ambiente, como parte integrante do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras – SLAP; e também pelo CONAMA (Resolução nº 3 de 28/06/1990) e norma ABNT – NBR 13157 (mai/94).

iv) CROMATOGRAFIA GASOSA:

- É um processo no qual se divide uma mistura nos seus constituintes graças a passagem de uma fase gasosa móvel sobre um sorvente estacionário. Ela é uma técnica semelhante a cromatografia líquido-líquido, mas a fase líquida móvel é substituída por uma fase gasosa móvel.

- Este processo está dividido em duas categorias principais:

- *Cromatografia gás-líquido (CGL)*: na qual ocorre a participação de uma amostra entre uma fase gasosa móvel e uma delgada camada de líquido não volátil que recobre um suporte inerte.

- *Cromatografia gás-sólido (CGS)*: emprega um sólido com grande área superficial com fase estacionária.

- Este processo normalmente é composto pelos seguintes aparelhos:

- 1) Uma fonte de gás de arraste num cilindro de alta pressão
- 2) Sistema de injeção da amostra e de derivatização
- 3) A coluna (recheadas ou tubulares)
- 4) O detector (os mais usados na cromatografia gasosa são os de: condutividade térmica, os de ionização de chama e os de captura de elétrons)

É um importante processo de aplicação na determinação dos elementos Carbono, Hidrogênio, Nitrogênio, Oxigênio e enxofre em amostras orgânicas e organometálicas

v) ANÁLISE ESPECTROFOTOMÉTRICA: (*)

- É um processo onde uma fonte de radiação emite até a região ultravioleta do espectro. Desta radiação selecionam-se comprimentos de onda definidos que constituem bandas, com largura menor que 1nm. Instrumento utilizado denomina-se *espectrofotômetro*, que dispõe de um sistema ótico que pode provocar a dispersão da radiação eletromagnética incidente, e com a qual se podem fazer medidas da radiação transmitida num certo comprimento de onda da faixa espectral.

Sua vantagem é proporcionar um meio simples para determinar quantidades diminutas de substâncias, sendo o mais exato para determinar concentrações de substâncias em solução.

- As partes essenciais que compõem um espectrofotômetro são: uma fonte de energia radiante; um monocromador (dispositivo que isola um feixe de luz monocromática – uma faixa estreita de radiação da luz proveniente da fonte; células de vidro, ou quartzo para o solvente e a solução problema; e dispositivo para receber ou medir o feixe(s) de energia radiante que passam pelo solvente e pela solução).

vi) ANÁLISE GRAVIMÉTRICA

- É um processo de isolar e de pesar um elemento, ou um composto definido de um elemento, na sua forma mais pura. Separa-se o elemento, ou o composto de uma amostra pesada da substância sujeita à análise. A maior parte das determinações na análise gravimétrica refere-se à transformação do elemento, ou do radical a ser determinado, em um composto estável e puro, para ser facilmente convertido para uma forma apropriada para a pesagem. Este peso será calculado a partir do conhecimento da fórmula do composto e das massas atômicas relativas dos elementos constitutivos.

- Algumas das maneiras de efetuar a separação do elemento, ou do composto são:

- a) métodos de precipitação;
- b) métodos de volatilização ou de evolução;
- c) métodos eletroanalíticos, e
- d) métodos de extração e cromatográficos.

- Embora a análise gravimétrica seja uma técnica demorada, possui algumas importantes vantagens, como:

- exatidão quando utiliza balanças analíticas modernas;
- possível controle da fonte de erro porque os filtrados podem ser ensaiados para verificar a completa precipitação, e os precipitados podem ser examinados para busca de impurezas.
- é um método absoluto, que envolve a medição direta sem precisar de qualquer forma de calibração.
- as determinações podem utilizar aparelhos relativamente baratos, onde um forno de mufla e cadinhos de platina são os itens mais caros.

- Este processo geralmente é aplicado em análises de padrões a serem usados ou na calibração de técnicas instrumentais, ou ambas; assim como também pode ser aplicado nas análises que exigem exatidão muito alta, mas que fica limitado a um pequeno número de determinações devido a sua lentidão.

- A análise gravimétrica é aplicada para a determinação de cátions e ânions:

- Determinação do alumínio como 8-hidroxiquinolato
- Determinação do bismuto como oxiodeto
- Determinação do chumbo como cromato
- Determinação do cobre como tiocianato de cobre
- Determinação do fluoreto como clorofluoreto de chumbo
- Determinação do cloreto como cloreto de prata, entre outros.

vii) CONDUTIVIDADE

- A condutividade de uma solução pode ser medida colocando-se a solução numa célula que dispõe de um par de eletrodos de platina firmemente fixados numa posição. Devido a dificuldade de medir com precisão a área dos eletrodos e seu afastamento, determina-se a constante da célula mediante calibração com uma solução que se conhece a condutividade com exatidão, como por exemplo as soluções padrão de cloreto de potássio, entretanto já de prática a constante da célula ser determinada pelo fabricante.

- As medições são feitas pela ligação da célula a um medidor de condutividade que fornece à célula uma corrente alternada com frequência da ordem de 1000 Hz. Com esta corrente, reduz-se a possibilidade de eletrólise, que causaria a polarização dos eletrodos; entretanto a corrente alternada introduz o problema de a célula ter uma capacitância além da resistência. Os condutímetro modernos eliminam este efeito com o uso de circuitos eletrônicos apropriados. Os valores são registrados num painel digital, e é acoplado ao medidor um sensor de temperatura que faz as correções necessárias. A célula de condutividade limpa é rinsada com a solução e depois cheia com a solução, sendo o resultado da medição imediatamente registrado no painel.

- A condutimetria como processo analítico:

É um processo muito sensível para medições iônicas, mas deve-se ter cautela, porque no caso de qualquer carga elétrica presente na solução contribui para uma condutância total.

Pode ser usada para determinar o ponto final de muitas titulações, contudo seu uso está limitado a sistemas simples, em que não haja quantidade excessiva de reagentes presentes. Titulações de oxidação são contraindicadas devido a presença de grande quantidade de ácidos.

- Sua aplicação nas indústrias é muito importante no controle de água de alimentação de caldeira, controle de sangria de caldeira, nas grandes usinas a vapor, geradoras de eletricidade, controle de banhos ácidos de pickling, ou de banhos alcalinos de desengraxamento, ou o complemento de operações de rinsagem, ou de lavagem. Também é muito utilizada para controlar poluição nos rios e lagos, assim como determinar a salinidade das águas.

viii) ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO DE CHAMA e ESPECTROSCOPIA DE ABSORÇÃO ATÔMICA

◇ ESPECTROSCOPIA DE CHAMA (FOTOMETRIA DE CHAMA)

- É a base dos métodos analíticos de espectroscopia de emissão de chama e espectroscopia de absorção atômica e tem importante aplicação na determinação de metais alcalinos.

- Pode-se explicar a base da fotometria de chama, quando uma solução com um sal metálico (ou com outro composto metálico), for aspirada por uma chama, forma-se um vapor que contém átomos do metal, como por exemplo o acetileno queimando no ar. Alguns átomos deste metal, no estado gasoso, podem ser promovidos a um nível de energia suficientemente elevado para que ocorra a emissão da radiação característica do metal, assim como o exemplo da radiação amarela característica que colore as chamas dos compostos de sódio.

- O fundamento da espectroscopia de absorção atômica pode ser explicado da seguinte forma: Muitos dos átomos gasosos permanecem num estado não excitado, isto é, no estado fundamental. Nesta condição de estado fundamental, os átomos podem absorver a energia radiante que tenha o comprimento de onda específico da sua ressonância, que geralmente é o comprimento de onda da radiação que os átomos emitiriam se fossem excitados acima do estado fundamental. Por isso, se a luz do comprimento de onda de ressonância passar por uma chama que contém os átomos no estado gasoso, parte desta luz será absorvida e o grau desta absorção será proporcional ao número de átomos no estado fundamental presentes na chama.

A espectroscopia de fluorescência atômica está baseada na reemissão da energia absorvida pelos átomos livres.

- O processo pelo qual os átomos metálicos são formados numa chama podem ser assim explicados de forma que quando uma solução, com o composto apropriado do metal a ser investigado, é aspirado por uma chama, ocorrem em rápida sucessão os seguintes eventos:

- Evaporação do solvente deixando um resíduo sólido.
- Vaporização do sólido com a dissociação nos seus átomos constitutivos que inicialmente estarão no estado fundamental.
- Excitação de alguns átomos a um nível de energia mais elevado, graças à energia térmica da chama, atingindo um estado no qual podem irradiar energia.

O espectro de emissão que aparece é constituído pelas raias emitidas pelos átomos ou íons excitados.

◇ ESPECTROSCOPIA DE EMISSÃO

- Atualmente existem dois métodos principais de espectroscopia de emissão de chama. O original, conhecido como fotometria de chama, é utilizado principalmente para análises de metais alcalinos. Mais recentemente, o método de emissão de chama é realizado com a utilização de um espectrômetro de absorção atômica de chama no modo de emissão.

- Fotômetro de chama:

- Um detector fotoelétrico é utilizado para medir a intensidade da radiação filtrada de uma chama. Um filtro interposto entre a chama e o detector transmite apenas uma raia intensa do elemento. O tipo de detector mais simples é constituído por uma célula fotoelétrica de barreira. Pode haver necessidade de amplificação caso a energia que atingir a célula não for suficiente.
- Os fotômetros de chama tem como principal finalidade a análise do sódio, do potássio, do cálcio e do lítio, elementos que tem um espectro de chama facilmente excitável, com intensidade suficiente para a detecção por fotocélula.
- Como funciona: o ar com uma certa pressão entra no atomizador, provocando a sucção que arrasta a solução da amostra para o atomizador, onde se mistura com a corrente de ar, na forma de uma névoa fina, que entra no combustor. Dentro dele o ar encontra com o gás combustível injetado no combustor sob pressão, e ocorre uma queima. A radiação da chama passa através de uma lente e de um filtro ótico que só dá passagem à radiação característica do elemento investigado, sendo que por esta radiação atinge a fotocélula – que dá a resposta medida por sistema apropriado com um painel digital.

- Exemplo deste tipo de instrumento (moderno): fotômetro de chama Corning Model 410.
- Os fotômetros de chama ainda são bastante usados para a detecção de metais alcalinos em fluidos corpóreos, embora estejam sendo substituídos, nos laboratórios clínicos, por outros procedimentos.

◇ ESPECTROFOTÔMETROS DE ABSORÇÃO ATÔMICA

- Atualmente existem diversos instrumentos deste tipo comercializados, e que se baseiam em modelos de feixe simples ou de feixe duplo. Suas características mais importantes são:
 - Ter luminária capaz de receber, pelo menos, até quatro lâmpadas de cátodo oco, com uma fonte de corrente estabilizada e independente para cada lâmpada.
 - Sistema de amostragem com dispositivo auto-mostrador capaz de operar com atomizadores para chama e para forno. A melhor precisão é quando opera com um atomizador de forno.
 - Monocromador capaz de alta resolução; nos casos típicos, 0,04 nm.
 - Fotomultiplicadora que opera sobre um domínio amplo de comprimentos de onda, de 188 a 800 nm.
 - Possuir unidade de correção do efeito de radiação de fundo, geralmente pelo arco de deutério.
 - É vantajoso quando se utiliza um painel de vídeo integral nos instrumentos, facilitando operação e capacidade de desenvolvimento e de compreensão dos métodos analíticos, possibilitando armazenar registros analíticos completos e memorização de todos os dados. A imagem visual facilita a distinção de entre os picos de absorbância total e devido absorbância do analisado.
 - Também existem no mercado espectrofotômetros de absorção atômica de feixe duplo, que propicia mais segurança nas variações de intensidade das lâmpadas.

- A espectroscopia de absorção atômica é utilizada na determinação de uma variedade de elementos, como por exemplo:
 - Determinação do magnésio e do cálcio na água da rede;
 - Determinação de traços de chumbo numa liga ferrosa;
 - Determinação de elementos traço no solo contaminado;

- Em geral, medições por emissão de chama podem ser feitas num espectrômetro de absorção atômica, mas utiliza-se fotômetro de chama simples para a determinação dos metais alcalinos.

ANEXO III

RELAÇÃO DOS FABRICANTES DE INSTRUMENTOS PARA DETECÇÃO, AMOSTRAGEM E ANÁLISE DE POLUENTES NO AMBIENTE.

Exemplo de Modelos de Instrumentos Utilizados Atualmente para Amostragem e Análises de Poluentes, por Empresas Especializadas:

ENERGÉTICA – Qualidade do Ar

End: Av. 13 de Maio, 13 – 28º andar

Cep: 20031-000 – Rio de Janeiro - RJ

Tel: (0XX21) 2210-3122 / Fax: (0XX21) 2532-2143 / 2240-8249

Site: <http://www.energetica.com.br>

- Amostradores de Gás (características gerais e o poluente a ser determinado):

- **MONOGÁS**

- Amostrador de Pequeno Volume (APV) para a determinação da concentração de um gás poluente (SO₂, NO₂, H₂S, Amônia) no ar ambiente – por absorção química. Possui controle de vazão por orifício crítico e mantém um frasco/bobulhador em baixa temperatura (fabricação nacional).

- **TRIGÁS**

- Similar ao instrumento anterior, mas possuindo capacidade para a coleta simultânea de até três gases poluentes (SO₂, NO₂, H₂S, Amônia) no ar ambiente (fabricação nacional).

- **ACA (APS)**

- Amostrador de chuva ácida (Acid Precipitation Sampler), utilizado para coleta de precipitação ácida (ácido sulfúrico e ácido nítrico) na atmosfera.

- **AMOSTRADOR DE FLUORETOS**

- Realiza procedimento de amostragem simultânea de fluoretos sólidos e gasosos no ar ambiente (modelo Dual Tape).

- **OPSOMS**

- Realiza procedimento de Amostragem de Pequeno Volume (APV) para determinação simultânea das concentrações de fumaça (pela refletância da luz) e SO₂ (pelo peróxido de hidrogênio) em suspensão no ar ambiente (fabricação nacional).

- Analísadores Contínuos de Gases (características gerais e o poluente a ser analisado):

- ANALISADOR DE AMÔNIA

- Realiza análise contínua de amônia por quimioluminescência.

- ANALISADOR DE CO

- Faz análise contínua de CO por correlação de filtro de gás.

- ANALISADOR DE CO₂

- Faz análise contínua de CO₂ por correlação de filtro de gás.

- ANALISADOR DE HC TOTAL

- Realiza análise contínua de hidrocarbonetos totais por detecção de ionização de chamas.

I

- ANALISADOR DE HCL

- Realiza análise contínua de HCL por correlação de filtro de gás.

- ANALISADOR DE H₂S

- Faz análise contínua de H₂S por conversão para SO₂ e análise deste por fluorescência pulsada.

- ANALISADOR DE NO_x

- Faz análise contínua de NO, NO₂ e NO_x por quimioluminescência.

- ANALISADOR DE OZÔNIO

- Realiza análise contínua de O₃ por fotometria ultravioleta.

- ANALISADOR DE VAPORES ORGÂNICOS

- Realiza análise contínua de vapores orgânicos por fotoionização

M S A do Brasil – Equipamentos e Instrumentos de Segurança Ltda.

End: Av. Roberto Gordon, 138

Cep: 09990-901 – Diadema- SP

Tel: (0XX11) 4071-1499 / Fax: (0XX11) 4071-2020

Site: <http://www.msanet.com.br>

Instrumentos Portáteis:

- MULTIGÁS ORION

- Para até 4 sensores: H₂S, CO, O₂ e gases combustíveis

- ALARME PESSOAL PASSPRT FIVE STAR

- Permite monitoração simultânea de até 5 gases: combustíveis, tóxicos e oxigênio.

- MINISSÉRIE RESPONDER

- MiniCO Responder: amostragem rápida de CO de 0 a 999 partes por milhão.

- MiniOX Responder: detecção de níveis baixos de oxigênio em locais confinados.

- MiniH₂S Responder: detecção de concentração de gás sulfídrico

- ALARME PORTÁTIL MICROGARD

- Monitoração simultânea de concentrações de gás combustível e oxigênio na atmosfera e em locais confinados.

- MONITOR PASSAPORT PID II

- Monitoração portátil de vapores orgânicos, numa escala de 0.1 a 10.000 ppm, através de sistema de fotoionização.

- GASPORT

- Monitoração simultânea de metano, monóxido de carbono, gás sulfídrico e oxigênio.

- BOMBA DE AMOSTRAGEM ESCORT ELF

- Proporciona coleta de contaminantes no ar, tais como: asbestos, sílica, carvão, pó de madeira, gases tóxicos, vapores e fumaças.

- BOMBA KWIK-DRAW

- Permite amostragens de gases e vapores no ambiente de trabalho. Utiliza variedade de tubos de detecção colorimétricos

Instrumentos Fixos:

- SISTEMA MULTICANAL DE DETECÇÃO DE GASES – MGA

- Unidade de controle microprocessada, permite a detecção de vários tipos de gases tóxicos, combustíveis e deficiência de oxigênio.

- QUAD-GAS

- Qualificado para receber qualquer combinação de até quatro sensores de gás. Pode monitorar gases tóxicos ou combustíveis, bem como deficiência de oxigênio.

- MONITOR DE GÁS ULTIMA

- Monitor fixo para gases tóxicos, combustíveis e oxigênio.

- Detector de Gás Combustível: mede concentrações de gasolina, hexana, propano, butadieno, heptano, metano, hidrogênio, etc.

- Detectores de Gases Tóxicos e Oxigênio: opera com sensor de princípio eletroquímico, disponível para diversos gases, como CO, H₂S, SO₂, NO₂, NO, CL₂, e O₂.

- GD-10: monitora a atmosfera ambiente quanto a presença de gases combustíveis.

- MONITOR DE GÁS TOXGARD II

- Instrumento fixo para ser instalado em áreas internas e/ou externas para monitorar gases combustíveis, tóxicos e oxigênio.

DRAGER – Indústria e Comércio Ltda.

End: Alameda Pucuruí, 51

Cep: 06460-100 – Barueri- SP

Tel: (0XX11) 4689-4944 / Fax: (0XX11) 4689-4903

Site: <http://www.draeger.com.br>

Instrumentos Portáteis:

- DETECTORES PORTÁTEIS INDIVIDUAIS PAC

- P A C III B – Modelo básico: medição de O₂, CO, ou H₂S

- PAC III S – Modelo standard: permite intercâmbio de sensores.

- PAC III E – Versão extended: tem memória de dados para armazenamento de valores, com capacidade de 800 resultados de medição, identificação de usuário e local de medição.

- DETECTORES PORTÁTEIS

- MicroPac – Detector de Gás isento de manutenção: medição de O₂, CO, ou H₂S
- Elektron: Analisador de gases de combustão e processos industriais; O₂, CO, SO₂, NO₂ além de temperatura e pressão
- Multiwarn II : para gases inflamáveis, com versões para detectar de 1 a 5 gases.
- Gama MSI Portátil: mede concentrações de O₂ e CO, sob demanda de SO₂, NO₂, NO para análise de NO x..

- SISTEMAS DE DETECÇÃO DE GASES POR TUBOS COLORIMÉTRICOS:

- Gases ácidos (ácido clorídrico), ácido cianídrico, monóxido de carbono, amônia, gases nitrosos, dióxido de enxofre, cloro, ácido sulfúrico, dióxido de carbono, fosgênio, cetonas, alcoóis (metanol), aromáticos (tolueno), compostos clorados (percloroetileno), formaldeído.

3M do Brasil Ltda.

Caixa Postal 123.

Campinas - SP

Tel: 0800-132333 / 0800-176543

Tel. Rio de Janeiro: 2539-8945

Site: <http://www.mmm.com.br>

- MONITOR PASSIVO

Modelo 3721 – monitor para amostragem em ambientes com presença de formaldeído.

Modelo 3551 – monitor para amostragem em ambientes com presença de óxido de etileno.

Modelo 3500 e 3520– monitor para amostragem em ambientes com presença de vapores orgânicos, podendo ser utilizado para avaliação de 128 tipos de vapores orgânicos.

ANEXO IV

RESUMO DA LISTA DE DOENÇAS RELACIONADAS COM O TRABALHO ELABORADA PELO S.U.S.

Resumo da Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho no SUS – Portaria nº 1339/GM Em 18 de novembro de 1999.

Neste resumo se apresentam a relação de agente e fatores com a listagem destes e a relação das principais doenças, não constando as respectivas doenças que podem estar com eles relacionadas:

1) Relação de agentes ou fatores de risco de natureza ocupacional: Arsênio; Asbesto; Benzeno; Benzeno e seus homólogos tóxicos; Berílio e seus compostos tóxicos; Bromo; Cadmio e seus compostos; Carbonetos metálicos de Tungstênio sinterizados; **Chumbo e seus compostos tóxicos** (grifo da autora); Cloro; Cromo ou seus compostos tóxicos; Fluor ou seus compostos tóxicos; Fósforo ou seus compostos tóxicos; Hidrocarbonetos alifáticos ou aromáticos (seus derivados halogenados tóxicos); Iodo; Manganês e seus compostos tóxicos; Mercúrio e seus compostos tóxicos; Substâncias asfixiantes: Monóxido de Carbono; Cianeto de Hidrogênio ou seus derivados tóxicos; Sílica livre; Sulfeto de Hidrogênio; Sulfeto de Carbono ou Dissulfato de Carbono; Alcatrão, Breu, Betume, Hulha mineral, Parafina e produtos ou resíduos dessas substâncias, causadoras de epitelomas primitivos da pele; Ruído e afecção auditiva; Vibração; Ar Comprimido; Radiações Ionizantes; Microorganismos e Parasitas; Algodão, Linho, Cãhama, Sizal, e os Agentes físicos, químicos ou biológicos que afetam a pele.

2) Doenças infecciosas parasitárias relacionadas com o trabalho

3) Neoplasias (tumores) relacionadas com o trabalho.

4) Doenças do sangue e dos órgãos hematopoéticos relacionadas com o trabalho.

5) Doenças endócrinas nutricionais e metabólicas relacionadas com o trabalho.

6) Transtornos mentais e do comportamento relacionadas com o trabalho.

- 7) Doenças do sistema nervoso relacionadas com o trabalho.
- 8) Doenças do olho e anexos relacionadas com o trabalho.
- 9) Doenças do ouvido relacionadas com o trabalho.
- 10) Doenças do sistema circulatório relacionadas com o trabalho.
- 11) Doenças do sistema respiratório relacionadas com o trabalho.
- 12) Doenças do sistema digestivo relacionadas com o trabalho.
- 13) Doenças da pele e do tecido subcutâneo relacionadas com o trabalho.
- 14) Doenças do sistema osteomuscular do tecido conjuntivo relacionadas com o trabalho.
- 15) Doenças do sistema genito-urinário relacionadas com o trabalho.
- 16) Traumatismos, envenenamento e outras consequências de causas externas relacionadas com o trabalho.

ANEXO V

ESTATÍSTICAS ATUAIS DE ACIDENTE DO TRABALHO NO BRASIL - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO – MTbE

Fonte: site <http://www.mtbe.gov.br>

ESTATÍSTICAS MTbE – estados com incidência no setor metalúrgico -2000

Ministério do Trabalho e Emprego
Secretaria de Inspeção do Trabalho
Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho

Grupos com Maiores Incidências por Estado - 2000

Grupo	Empregos	Acidentes	Incidência	Óbitos	Mortalidade	Letalidade
Grupo Ind. Móveis	20.285	789	2,89	4	13,69	5,01
Grupo Extrativa Mineral	27.133	717	2,64	4	14,74	5,58
Grupo Borracha e Plástico	15.803	436	2,76	2	12,69	4,59
Grupo Ind. Madeira	9.407	322	3,42	1	10,63	3,11
Grupo Ind. Papel	7.173	192	2,68	1	13,94	5,21
Grupo Coque Petróleo e Alcool	3.125	334	10,69	1	32,00	2,99
Grupo Metalurgia	136.905	5224	3,82	18	11,89	30,82
Grupo Montadoras e Autopças	30.714	1238	4,02	2	6,51	1,62
Grupo Metalurgia Básica	58.640	2214	3,78	6	10,23	2,71
Grupo Produtos de Metais	31.892	1188	3,72	5	15,88	4,22
Grupo Máquinas e equipamentos	12.823	461	3,60	2	15,60	4,34
Grupo Sucata Metálica	1.348	39	2,89	1	74,18	25,61
Grupo Outros Veículos	1.479	88	5,95	0	0,00	0,00

MARANHÃO						
Grupo	Empregos	Acidentes	Incidência	Óbitos	Mortalidade	Letalidade
Grupo Indústria da Construção	16.883	158	0,94	8	35,54	37,97
Grupo Serviços prestados à empresas	13.830	70	0,51	1	7,23	14,20
Grupo Transporte Terrestre	8.565	63	0,74	1	11,68	15,87
Grupo Metalurgia	4.850	56	1,20	1	21,48	17,88
Grupo Ind. Alimentos	3.582	50	1,40	0	0,00	0,00
Grupo Energia e Água	4.487	48	1,07	1	22,22	20,83
Grupo Saúde	9.018	43	0,48	1	11,03	23,28
Grupo Ind. Madeira	2.712	42	1,55	0	0,00	0,00
Grupo Metalurgia	4.850	56	1,20	1	21,48	17,88
Grupo Metalurgia Básica	3.606	27	1,03	1	27,73	27,03
Grupo Produtos de Metais	494	12	2,43	0	0,00	0,00
Grupo Montadoras e Autopças	227	1	0,44	0	0,00	0,00
Grupo Máquinas e equipamentos	181	1	0,55	0	0,00	0,00
Grupo Sucata Metálica	13	1	7,69	0	0,00	0,00
Grupo Outros Veículos	138	4	2,90	0	0,00	0,00

RIO DE JANEIRO						
Grupo	Empregos	Acidentes	Incidência	Óbitos	Mortalidade	Letalidade
Grupo Indústria da Construção	119.078	1719	1,44	39	30,23	20,94
Grupo Metalurgia	62.322	1446	2,32	13	20,86	8,99
Grupo Telecomunicações e Correio	38.027	1049	2,76	5	13,15	4,77
Grupo Ind. Alimentos	48.442	834	1,72	10	20,84	11,99
Grupo Saneamento Básico	20.077	818	4,07	5	24,90	6,11
Grupo Inst. Financeiras	40.840	758	1,85	8	16,05	10,55
Grupo Carga e Descarga	28.700	558	1,94	3	10,45	5,38
Grupo Extrativa Mineral	28.596	422	1,48	4	13,96	9,48
Grupo Borracha e Plástico	20.863	387	1,85	5	23,97	12,92
Grupo Metalurgia	62.322	1446	2,32	13	20,86	8,99
Grupo Metalurgia Básica	21.195	509	2,40	2	9,44	3,93
Grupo Produtos de Metais	19.184	415	2,16	3	15,64	7,23
Grupo Máquinas e equipamentos	10.800	205	1,90	4	37,04	19,51
Grupo Montadoras e Autopças	5.953	204	3,43	1	16,80	4,90

RIO GRANDE DO SUL						
Grupo	Empregos	Acidentes	Incidência	Óbitos	Mortalidade	Letalidade
Grupo Metalurgia	112.785	3936	3,49	8	5,32	1,52
Grupo Ind. Alimentos	84.643	2593	3,06	4	4,73	1,54
Grupo Saúde	94.684	2405	2,54	4	4,22	1,66
Grupo Indústria da Construção	72.342	2273	3,14	15	20,73	6,60
Grupo Ind. Couro	151.442	2128	1,40	4	2,64	1,88
Grupo Serviços prestados à empresas	107.477	1585	1,47	15	13,96	9,46
Grupo Transporte Terrestre	7.0654	1171	1,68	19	26,80	16,23
Grupo Borracha e Plástico	28.651	970	3,39	0	0,00	0,00
Grupo Ind. Móveis	35.233	842	2,39	3	8,51	3,58
Grupo Atacadistas e Intermediários	40.747	743	1,80	6	12,08	8,08
Grupo Metalurgia	112.785	3936	3,49	8	5,32	1,52
Grupo Produtos de Metais	37.763	1265	3,35	2	5,30	1,58
Grupo Máquinas e equipamentos	36.144	1091	3,02	0	0,00	0,00
Grupo Montadoras e Autopças	24.136	1028	4,26	4	16,57	3,86
Grupo Metalurgia Básica	12.982	476	3,67	0	0,00	0,00
Grupo Sucata Metálica	975	41	4,21	0	0,00	0,00
Grupo Outros Veículos	765	25	4,58	0	0,00	0,00

ESTATÍSTICAS MTbE – estados com incidência no setor metalúrgico -2000

Ministério do Trabalho e Emprego
Secretaria de Inspeção do Trabalho
Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho

Grupos com Maiores Incidências por Estado - 2000

SANTA CATARINA						
	Empregos	Acidentes	Incidência	Óbitos	Mortalidade	Letalidade
Grupo Metalurgia	50.633	2754	4,58	8	13,42	2,93
Grupo Ind. Madeira	38.543	1832	4,75	7	18,18	3,82
Grupo Ind. Alimentos	40.330	1541	3,12	8	16,22	5,10
Grupo Serviços prestados à empresas	65.527	1413	2,16	13	19,84	9,20
Grupo Indústria da Construção	40.070	1253	3,13	18	44,92	14,37
Grupo Ind. Móveis	20.864	1178	3,04	1	3,35	0,85
Grupo Ind. Têxtil	48.690	1104	2,27	3	6,18	2,72
Grupo Vidro, Cimento e Cerâmica	22.790	881	3,87	3	13,18	3,41
Grupo Borracha e Plástico	21.800	779	3,57	2	9,17	2,57
Grupo Extrativa Mineral	6.388	326	5,10	5	78,27	15,34
Grupo Metalurgia	50.633	2754	4,58	8	13,42	2,93
Grupo Máquinas e equipamentos	22.773	768	3,37	1	4,30	1,30
Grupo Metalurgia Básica	13.097	762	5,82	3	22,91	3,94
Grupo Produtos de Metais	14.822	602	4,06	3	20,24	4,98
Grupo Montadoras e Autopças	7.472	514	6,88	0	0,00	0,00
Grupo Outros Veículos	757	51	6,74	1	132,10	19,61
Grupo Sucata Metálica	712	37	5,20	0	0,00	0,00

SÃO PAULO						
	Empregos	Acidentes	Incidência	Óbitos	Mortalidade	Letalidade
Grupo Metalurgia	588.771	20738	3,55	46	8,62	2,38
Grupo Serviços prestados à empresas	823.596	12056	1,57	64	7,77	4,94
Grupo Saúde	343.861	9625	2,80	6	1,75	0,62
Grupo Indústria da Construção	342.426	9179	2,68	56	16,35	6,10
Grupo Ind. Alimentos	233.330	7033	3,01	37	15,88	5,28
Grupo Agricultura	177.157	6241	3,52	8	4,52	1,28
Grupo Transporte Terrestre	302.713	5198	1,72	81	26,78	15,58
Grupo Acadêmicos e Intermediários	258.470	3750	1,45	34	13,15	9,04
Grupo Metalurgia	588.771	20738	3,55	46	8,62	2,38
Grupo Montadoras e Autopças	174.514	6350	3,64	12	6,88	1,82
Grupo Produtos de Metais	140.818	5268	3,52	21	14,02	3,92
Grupo Máquinas e equipamentos	142.305	4556	3,21	9	6,32	1,97
Grupo Metalurgia Básica	77.717	3031	3,90	0	7,72	1,98
Grupo Outros Veículos	21.577	1400	6,49	1	4,63	0,71
Grupo Sucata Metálica	2.842	123	4,33	0	0,00	0,00

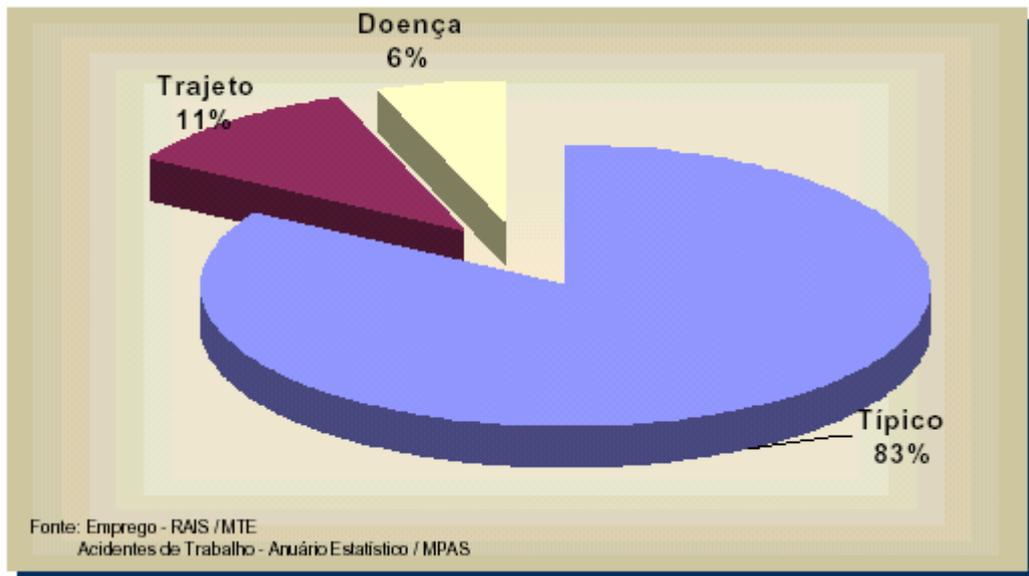
ESTATÍSTICA MTbE – setor metal-mecânico – 1999-2000

Secretaria de Inspeção do Trabalho
Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho
Núcleo de Planejamento

Evolução dos Indicadores - BRASIL 1999 e 2000

Brasil	EMPREGO		ACIDENTES DE TRABALHO		INCIDÊNCIA DE ACIDENTES		ÓBITOS		MORTALIDADE		LETALIDADE	
	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000	1999	2000
Grupo Agricultura	364.064	479.459	14.343	10.108	3,94	2,11	52	40	14,26	8,34	3,62	3,96
Grupo Pecuária	620.865	606.818	12.758	8.416	2,05	1,41	51	111	8,21	18,63	4,00	13,16
Grupo Silvicultura	56.912	68.862	1.752	1.870	3,08	2,72	27	13	47,44	19,86	15,41	6,96
Grupo Pesca	10.332	12.805	142	248	1,37	1,94	4	0	38,71	0,00	28,17	0,00
Grupo Extrativa Mineral	100.519	140.604	3.242	3.931	3,22	2,88	59	41	58,70	29,18	18,21	13,99
Grupo Ind. Alimentos	836.303	908.103	25.937	22.295	3,10	2,46	196	150	23,44	16,52	7,58	6,73
Grupo Ind. Têxtil	276.068	316.744	7.289	6.944	2,64	2,19	22	24	7,97	7,56	3,02	3,46
Grupo Ind. Vestuário	368.774	423.075	3.048	3.064	0,83	0,73	18	13	4,88	3,07	5,91	4,22
Grupo Ind. Couro	264.029	312.183	4.075	4.679	1,54	1,50	15	11	5,68	3,52	3,68	2,35
Grupo Ind. Madeira	204.852	223.684	7.992	8.481	3,90	3,78	100	69	53,21	37,11	13,64	9,81
Grupo Ind. Papel	113.183	122.622	4.214	3.961	3,72	3,23	20	10	17,67	8,16	4,75	2,53
Grupo Impressos e Vídeos	187.068	203.193	2.365	2.426	1,26	1,19	23	13	12,29	6,40	0,73	5,36
Grupo Coque Petróleo e Alcool	33.197	40.548	3.077	2.027	9,27	5,00	14	10	42,17	24,66	4,55	4,98
Grupo Químicos	246.564	289.552	5.125	4.681	2,08	1,67	45	32	18,25	11,41	8,79	6,54
Grupo Borracha e Plástico	244.358	275.744	7.914	7.681	3,24	2,78	34	23	13,91	8,34	4,30	3,00
Grupo Vidro, Cimento e Cerâmica	260.394	284.007	7.435	6.967	2,86	2,45	78	50	29,56	17,61	10,49	7,18
Grupo Metalurgia Básica	189.859	212.492	8.788	7.504	4,63	3,53	31	22	16,33	10,35	3,53	2,93
Grupo Produtos de Metais	269.800	301.207	10.700	10.108	3,97	3,36	68	44	25,20	14,61	6,36	4,35
Grupo Máquinas e equipamentos	293.331	256.627	8.705	7.672	3,73	3,08	47	18	20,14	7,04	5,40	2,29
Grupo Máquinas escritório	15.878	19.192	127	200	0,80	1,04	1	0	6,30	0,00	7,67	0,00
Grupo Equipamentos Elétricos	113.192	131.612	3.293	3.036	2,91	2,31	13	14	11,49	10,64	3,95	4,61
Grupo Eletrônicos	58.182	68.901	855	987	1,47	1,43	7	6	12,03	8,71	6,19	6,06
Grupo Aparelhos de Medição	3.1587	32.311	399	391	1,26	1,21	4	2	12,66	6,19	10,03	5,12
Grupo Montadoras e Autopeças	245.275	269.801	12.852	10.841	5,24	4,02	30	21	12,23	7,78	2,30	1,54
Grupo Outros Veículos	30.428	37.372	1.908	1.843	6,26	4,99	3	7	9,86	18,73	1,57	3,81
Grupo Ind. Móveis	244.455	271.900	7.724	7.325	3,16	2,70	35	25	14,32	9,19	4,53	3,41
Grupo Sucata Metálica	7.343	9.261	312	301	4,25	3,25	6	1	81,71	10,80	19,23	3,33
Grupo Energia e Água	200.190	204.498	5.074	4.269	2,53	2,09	61	38	30,47	19,58	12,02	8,90
Grupo Indústria da Construção	1.014.222	1.232.012	27.835	25.433	2,74	2,06	497	325	49,13	26,38	14,62	12,76
Grupo Varejo de Veículos e Combustíveis	610.968	658.284	6.854	6.296	1,12	0,94	168	86	27,50	13,17	24,51	14,03
Grupo Atacadistas e Intermediário	637.726	721.453	10.685	8.892	1,68	1,23	183	148	28,70	20,51	17,13	16,54
Grupo Varejo	2.612.023	2.990.350	26.128	23.888	1,00	0,80	385	251	14,74	8,39	14,74	10,51
Grupo Hotéis e Restaurantes	732.399	852.341	7.864	7.362	1,07	0,86	65	52	8,87	6,10	8,27	7,00
Grupo Transporte Terrestre	901.739	978.535	15.825	13.580	1,75	1,39	432	297	47,91	30,35	27,30	21,20
Grupo Transporte Aquaviário	13.982	17.048	261	351	1,87	2,06	0	6	0,00	35,19	0,00	17,00
Grupo Transporte Aéreo	32.979	43.851	914	850	2,77	1,96	15	2	45,48	4,58	18,41	2,35
Grupo Carga e Descarga	149.108	175.499	2.829	2.750	1,90	1,57	36	31	24,14	17,66	12,73	11,29
Grupo Telecomunicações e Correi	202.128	248.510	5.587	5.068	2,76	2,04	29	19	14,35	7,65	5,19	3,75
Grupo Inst. Financeiras	482.018	458.410	5.530	4.641	1,28	1,01	35	20	8,10	4,38	6,32	4,31
Grupo Seguradoras	63.044	67.352	277	318	0,44	0,47	2	1	3,17	1,48	7,22	3,13
Grupo Bolsas de Valores	35.710	40.602	273	154	0,76	0,38	5	0	14,00	0,00	18,30	0,00
Grupo Imóveis	448.226	477.490	2.510	2.362	0,56	0,49	34	26	7,59	5,86	13,55	11,88
Grupo Aluguel de Equipamentos	41.164	47.017	998	768	2,37	1,63	24	7	58,30	14,80	25,64	9,11
Grupo Processamento de Dados	140.140	171.665	637	683	0,45	0,39	5	5	3,57	2,91	7,85	7,54
Grupo Pesquisa	26.067	28.787	349	188	1,34	0,71	4	1	15,35	3,73	11,48	5,29
Grupo Serviços prestados à empre	1.852.351	2.053.540	31.374	28.978	1,68	1,31	359	234	19,28	11,34	11,44	8,60
Grupo Administração Pública	958.936	998.211	7.194	6.216	0,75	0,62	60	42	7,20	4,22	9,59	6,75
Grupo Ensino	748.964	835.199	3.429	3.618	0,46	0,43	18	13	2,41	1,56	5,25	3,59
Grupo Saúde	942.188	1.044.338	20.014	20.376	2,12	1,95	42	32	4,46	3,06	2,10	1,57
Grupo Saneamento Básico	77.773	91.095	3.905	3.511	5,02	3,85	32	18	41,15	19,76	8,19	5,13
Grupo Associações em Geral	559.652	568.165	9.847	7.796	1,76	1,37	58	41	10,01	7,22	5,69	5,29
Grupo Culturais	234.624	254.430	1.795	1.826	0,77	0,69	23	11	8,80	4,16	12,81	6,03
Grupo Lavanderias e Outros Servi	105.356	114.765	645	721	0,61	0,63	6	8	5,69	6,97	0,30	11,10
Serviços Domésticos	1.668	3.411	6	43	0,36	1,26	0	1	0,00	29,32	0,00	29,26
Grupo Organizações Internacionais	1.364	1.624	1	11	0,07	0,68	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00

Distribuição de Acidentes de Trabalho Registrados - 2000



Distribuição de Acidentes de Trabalho Liquidados por Conseqüência – 2000

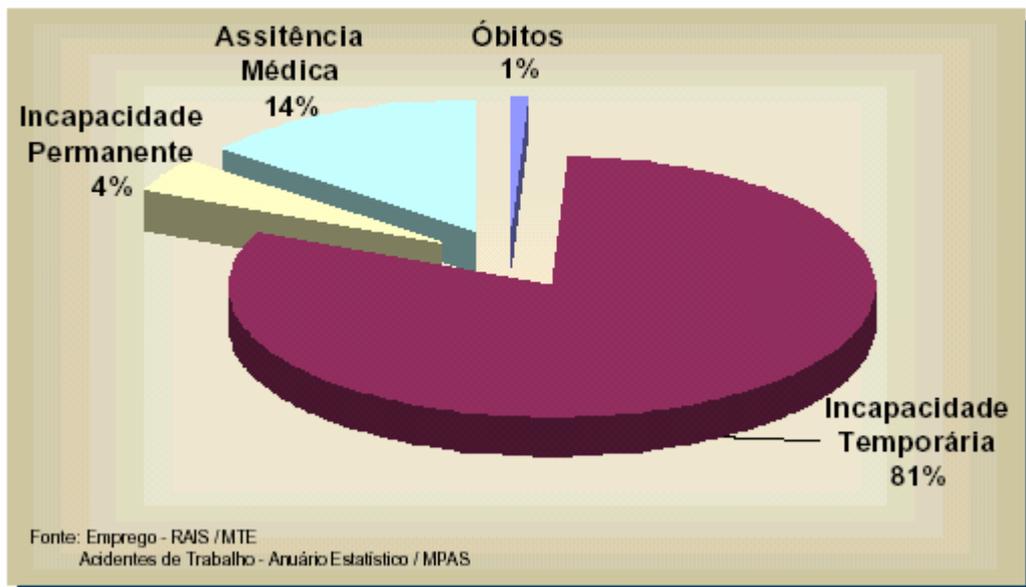
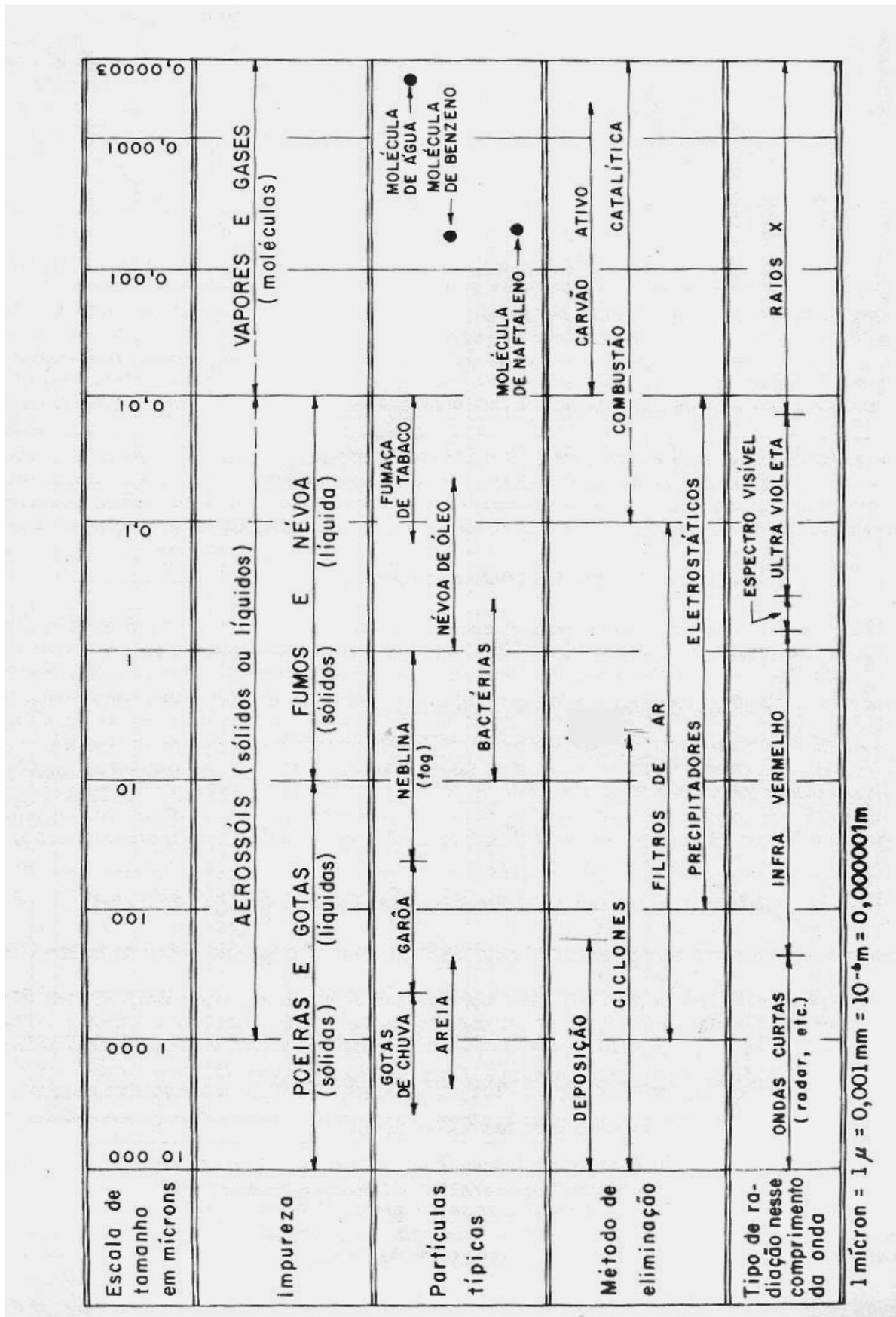


Gráfico: Relação do Diâmetro da Partícula e os Sistemas Retentores



ANEXO VII

SISTEMAS DE RETENÇÃO DE POLUENTES – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS, VANTAGENS E DESVANTAGENS.

Principais características, vantagens e desvantagens dos sistemas de retenção.

1 - Coletores de Poeiras / Partículas

1.1- Câmaras gravitacionais, Coletores Gravitacionais ou de Impactação, ou Câmaras Inerciais:

- Utilizado para partículas de 100 a 10.000 μ ;
- A câmara, geralmente metálica, tem grandes dimensões relativas as do duto que leva o ar para ela, de forma a reduzir a velocidade de escoamento, causando a deposição das partículas devido ao peso, separando-as da corrente gasosa.
- Suas vantagens são:
 - Servir como pré-coletor em algumas indústrias, como as de alimentos, para retenção de cascas e películas; coleta de cinzas em caldeiras a carvão e também em operações de refino de metais.
 - Baixo custo, em que projeto e construção são simples, além de ter pouco desgaste e consumir pouca energia.
 - Pode receber gases com temperaturas elevadas.
- Desvantagens:
 - Ocupa espaço considerável.
 - A retenção de pequenas partículas não é satisfatória

1.2 - Ciclones ou Coletores Centrífugos

- Utilizado para partículas a partir de 5 até 10.000 μ ;
- Separa as partículas da corrente gasosa por um aumento da aceleração de modo a que sobre ela atuem valores múltiplos da aceleração da gravidade, projetando-as ao encontro das paredes de onde escoam para sua parte inferior, podendo ser captadas por dispositivos, o que permite reaproveitamento do material particulado seco (ex: indústria de cimento).
- Também é empregado em tamanhos diversificados, adequados ao processo que se destina, sendo muito empregado em conjunto de varias unidades de ciclones, compondo um dispositivo denominado de Ciclones Múltiplos.
- Vantagens dos Ciclones:
 - Baixo custo de construção;

- Equipamento relativamente simples com poucos problemas de manutenção;
 - Perda de carga em operação relativamente baixa;
 - Limitações de temperatura e pressão somente impostas pelo material empregado na construção;
 - Coletagem e deposição secos, e.
 - Necessidade de espaço físico relativamente pequena.
- Desvantagens:
 - Eficiência de coleta global de particulados (em tamanhos) relativamente baixa, especialmente com partículas de dimensões menores do que 10 μm , e
 - Inabilidade de tratar materiais pegajosos.

1.3 - Filtros – tecido; fibras naturais ou artificiais; metálicos e/ou papel.

- Utilizado para partículas de 0,1 a 1.000 μ ;
- Funcionam com retentores mecânicos de separação das partículas da corrente gasosa, alguns tipos permitem reaproveitamento do material particulado.
- Suas principais modalidades e materiais são: *-filtros de painéis compactados*; *-filtros de tecido em geral* (fibras naturais ou sintéticas), em forma de sacos, tubos, mantas, etc.; *-filtros de fibra de vidro*; *-filtros metálicos* em painéis e banhados a óleo.
- Destacam-se os *filtros de manga* por seu eficiente rendimento. São constituídos por sacos com forma alongada, tubular, instalados dentro de compartimentos e em geral dispostos em baterias; e também os *filtros HEPA* de alta eficiência para partículas aéreas.
- Vantagens:
 - Alta eficiência na coleta tanto para partículas grossas como finas (submicrons)
 - Relativamente insensível a flutuações da corrente gasosa. Eficiência e perda de carga são pouco afetadas por grandes mudanças na entrada de cargas de poeiras para filtros de limpeza contínua.
 - Em alguns casos o ar que sai do filtro pode ser reciclado.
 - Material coletado é recuperado seco para processo subsequente ou descarte.
 - Não tem problemas de disposição final para resíduos líquidos, água poluída, ou congelamento de líquido.
 - Normalmente não tem problemas de corrosão ou ferrugem dos componentes.
 - Não existe risco de alta voltagem, além de simplificada manutenção, reparo e possibilidade de coleta de poeiras inflamáveis.
 - Uso de fibras selecionadas ou com ajuda de pré-filtros permite uma coleta de alta eficiência de fumaças e de gases contaminantes.

- Os filtros coletores são disponibilizados num número amplo de configurações, resultando numa variedade de dimensões e, conforme a necessidade das instalações, utilizado na entrada ou saída de ar.
- Operacionalização relativamente simples.
- Desvantagens
 - Altas temperaturas requerem um mineral refratário ou tecidos metálicos, alguns em estágio de desenvolvimento e/ou são muito mais caros.
 - Certos tipos de poeiras requerem um tratamento no tecido para reduzir a penetração (infiltração) ou, em outros casos, ajudar na remoção da poeira coletada.
 - A concentração de algumas poeiras nos coletores ($\sim 50 \text{ g/m}^3$) pode representar risco de fogo ou explosão se uma faísca ou chama ocorrer acidentalmente. Tecidos podem pegar fogo se poeira de rápida oxidação estiver sendo coletada.
 - A manutenção é relativamente alta em alguns tipos, como na reposição dos filtros de manga.
 - O tempo de vida dos filtros de tecido podem ser reduzidos em elevadas temperaturas, e na presença de particulados e/ou gases ácidos ou alcalinos.
 - Materiais higroscópios, condensação de misturas, ou componentes lodosos e adesivos podem causar crostas de camadas ou entupimento do tecido ou requerer aditivos (complementos) especiais.
 - Na execução de substituição do tecido é necessário que o pessoal de manutenção utilize proteção respiratória (EPI).

1.4 - Precipitadores Eletrostáticos

- Utilizado para a retenção de poeiras com partículas de $0,01$ a 100μ ; névoas e fumos.
- É um sistema separador, em que, por ação de um campo elétrico as partículas são retiradas da corrente gasosa. O processo se dá de forma que a partícula de um fluxo gasoso seja carregada eletricamente, e por ação de um corpo elétrico é separada da corrente gasosa.
- Serve para partículas mais finas e difíceis de se captar.
- Vantagens:
 - Alta eficiência de coleta de partículas grossas e finas, alcançando um consumo relativamente baixo de energia.
 - Coleta e descarte (disposição final) a seco.
 - Baixa perda de carga.
 - Operação contínua com baixa exigência de manutenção.
 - Baixo custo de operação.
 - Tem capacidade de operação sob alta pressão ou em condições a vácuo.

- Opera em altas temperaturas.
- Pode tratar grandes taxas de fluxos de gás.
- Desvantagens:
 - Custo de capital inicial alto.
 - Muito sensível a flutuações nas condições da corrente gasosa (taxa de fluxo de volumes, temperatura, composição do particulado e do gás, e a carga das partículas / resistividade).
 - Dificuldade de coleta de certos particulados quando estes tem característica de extremamente alta ou baixa resistividade.
 - Necessita de espaço físico relativamente grande para sua instalação.
 - Possui risco de explosão quando no tratamento de gases combustíveis e/ou na coleta de particulados combustíveis.
 - Requer pessoal bem treinado para sua manutenção, e com cuidados por exposição a alta voltagem.
 - Pode produzir Ozônio.

2 - Lavadores de Gases e Vapores.

- Podem ser aplicados na retenção de material particulado, desde que apresentem características adequadas, como quando as partículas podem ser molhadas, e sendo a concentração de pó muito grande com partículas preferencialmente maiores de 10 micra (também servindo razoavelmente para as de 1 a 10 micra).
- É empregado na remoção de grande variedade de contaminantes.
- Permite remover simultaneamente particulados e gases solúveis.
- Sua denominação genérica é “Scrubber”, ou “wet Scrubber”, de forma que o dispositivo atue no controle da poluição de ar em processos de fluxos gasosos, utilizando o processo de absorção para separar o poluente.
- Vantagens do dispositivo tipo “Wet Scrubber”
 - Sem fontes secundárias de poeiras;
 - Necessidade de espaço físico relativamente pequena;
 - Habilidade de coleta de gases igual a de particulados (especialmente os pegajosos);
 - Habilidade para tratar correntes gasosas com altas temperaturas e umidade;
 - Baixo custo, caso não necessite de tratamento residual de água;
 - Habilidade de alcançar alta eficiência de coleta de partículas finas, e
- Desvantagens do dispositivo tipo “Wet Scrubber”
 - Pode gerar problemas de águas residuais;

- O produto é coletado molhado;
 - Problemas de corrosão são mais severos do que nos sistemas secos;
 - Nuvem de vapor opaca e/ou precipitação de gotas pode ser problema;
 - Perda de carga e energia necessárias devem ser altas;
 - Acúmulo de sólidos em interface seco-molhado pode ser alta, e
 - Custo de manutenção relativamente alto.
- Existem alguns tipos de dispositivos que utilizam este processo, tais como: Torres de Spray (por corrente cruzada ou paralela), Torres de enchimento, Bandejas de Borbulhamento e Venturi Scrubbers, e algumas variações com mesma finalidade e procedimento.
 - Vantagens dos dispositivos tipo “Torres de enchimento” e “Bandejas de Borbulhamento”.
 - Perda de carga relativamente baixa;
 - Podem ser construídos de material resistente a atmosferas altamente corrosivas (*fiberglass-reinforced plastic – FRP*);
 - Pode alcançar alta eficiência em transferência de massas;
 - Com o aumento da altura de enchimento ou do número de bandejas pode-se aumentar a quantidade de transferência de massa;
 - Custo de capital inicial relativamente baixo;
 - Necessidade espaço físico relativamente pequena;
 - Desvantagens dos dispositivos “Torres de enchimento” e “Bandejas de Borbulhamento”.
 - Pode gerar problema de disposição final (descarte) de água ou líquidos de coleta;
 - O produto é coletado úmido;
 - Deposição de particulados pode causar entupimento, as “Torres de enchimento” são as mais susceptíveis.
 - Se o material de construção utilizado for resistente a atmosferas corrosivas (FRP), por outro lado será sensível a temperatura;
 - Custos de manutenção relativamente altos.

3- Processos de Controle de Gases e Vapores

- São dispositivos que tratam os gases poluentes, utilizando outros tais como a Adsorção, a Condensação e a Incineração (combustão).
- A escolha da tecnologia de controle depende dos poluentes que devem ser removidos, da eficiência de remoção necessária, das características do poluente e corrente gasosa, e das características específicas do local.

- Distintamente dos poluentes particulados, onde a separação é baseada na grande diferença de densidade entre as partículas e o ar, a captura dos gases e vapores poluentes, depende de suas propriedades físicas e químicas. Portanto há casos em que o gás pode ser separado por pura ação física, como por condensação. Em outros, o gás indesejado é adsorvido ou oxidado antes que a corrente de gás processada seja descarregada na atmosfera.
- Os sistemas de controle de poluição de ar por adsorção são desenhados tanto como o de “leitos fixos”, ou como “leitos fluidizados”.
- Vantagens gerais dos sistemas de adsorção:
 - Possibilidade de recuperação do produto;
 - Excelente controle e resposta por mudanças de processo;
 - Não ter problema de disposição de resíduos químicos quando o poluente é recuperado e retorna ao processo;
 - Capacidade do sistema de proporcionar tudo automático, sem operação de assistência;
 - Capacidade de remover gases ou vapores contaminantes de processos com baixos fluxos.
- Desvantagens dos sistemas de adsorção:
 - Alguns produtos para serem recuperados requerem manipulação de alto custo de destilação;
 - O adsorvente tem sua sua capacidade progressivamente deteriorada com o aumento do número de ciclos;
 - A regeneração de adsorventes requer uma fonte de vapor ou vácuo;
 - Custo de capital relativamente alto;
 - Pode ser necessário a pré-filtragem do fluxo de gás para remover particulados capazes de entupir o leito adsorvente;
 - Resfriamento do fluxo de gás deve ser requerido para alcançar a taxa usual de operação;
 - São requeridos vapores com temperaturas relativamente altas para dissolver hidrocarbonetos de alto peso molecular.
- A condensação é pouco empregada por não se constituir num tratamento por completo, dessa forma os condensadores normalmente são empregados como pré-tratamento, antecedendo o tratamento do gás poluído que passará posteriormente por adsorvedores, pós-queimadores, filtro de carvão ativado ou outros dispositivos.
- Existem dois tipos de condensadores, o de “contato de superfície” (indireto), e o de “contato direto” (de mistura).
- Vantagens:
 - Recuperação de produto puro, no caso de condensadores de “contato de superfície” (indireto);
 - A água utilizada na refrigeração do condensador de superfície (indireto) não tem contato com a corrente de gás contaminado, podendo ser reutilizada.

- Desvantagens:
 - Baixa eficiência de remoção para contaminantes gasosos (em concentrações típicas para aplicações de controle de poluição);
 - Necessidade de resfriamento pode ter custo alto.
- O sistema de combustão (incineração) é basicamente composto por queimadores, que são acionados por ignição do combustível e orgânico, e por uma câmara que promove o tempo de residência apropriado para o processo de oxidação.
- Dependendo do contaminante a ser oxidado, utilizam-se os seguintes métodos de combustão: Combustão de chama direta, Combustão térmica (câmara dupla), e Combustão catalítica.
- Vantagens dos sistemas de combustão:
 - Simplicidade de operação;
 - Capacidade de prover geração de vapores ou recuperação de calor em outras formas;
 - Possui alta eficiência na destruição de contaminantes orgânicos.
- Desvantagens:
 - Possibilidade de retrocesso da chama e subsequente risco de explosão;
 - Envenenamento do catalizador;
 - Se ocorrer combustão incompleta, potencialmente pode criar problemas de poluição.

ANEXO VIII

RELAÇÃO DE EMPRESAS FABRICANTES / FORNECEDORES DE SISTEMAS DE RETENÇÃO DE CONTAMINANTES

Relação de Fabricantes de Sistemas de Retenção de Poluentes

Este levantamento incluiu alguns dados específicos e/ou característicos dos equipamentos divulgados pelas empresas fabricantes.

• *TROX Technik*

Fábrica e Administração

End: Rua Cyro Correia Pereira, 300

Cep: 81170-230 – Curitiba – PR

Tel: (0XX41) 347—9393 / Fax: (0XX41) 347—9789

Site: <http://www.troxbrasil.com.br>

Central de Vendas

End: Rua Alvarenga, 2.025

Cep: 05509-005 – São Paulo – SP

Tel: (0XX11) 816-5000 / Fax: (0XX11) 815-4477

E-mail: trox@troxbrasil.com.br

Filtros Planos Modulados / Filtros de Cunha para Paredes / Filtros de Cunha para Dutos

São composições variadas de estruturas, construídas de forma a sustentar os elementos filtrantes, as mantas e placas filtrantes.

Filtros de Bolsas para Montagem em dutos e para Montagem em Parede

Composição de carcaça em chapa de aço galvanizada e composição de molduras para suporte de filtros em forma de bolsas compostos por fibras sintéticas ou fibra de vidro. Os filtros de bolsa possuem diferentes graus de filtragem, empregados conforme as exigências requeridas. Os filtros de bolsa são fabricados em diversas profundidades conforme exigência de durabilidade, em função da superfície filtrante.

Filtros Absolutos para Montagem em Dutos

Composição de carcaça em chapa de aço galvanizada para suporte de elemento filtrante com filtro de alta eficiência para separação de partículas em suspensão, aerossóis, pó tóxico, bactérias, germens, etc. Utilizado para filtrar ar de retorno ou de insuflamento em instalações de climatização com extremas exigências de pureza de ar.

Filtro de Carvão Ativado e Filtro de Carvão Ativado para Montagem em dutos.

O Filtro é composto de carcaça robusta em chapa de aço galvanizada, com células filtrantes de carvão ativado. As células contém o carvão de forma compactada no seu interior. O de Montagem em Dutos, é a utilização do Filtro de Carvão Ativada numa estrutura de carcaça em chapa de aço galvanizada.

O elemento filtrante aplicado para absorção de odores e outras substâncias gasosas como: odores corporais, odores de fumaça, hidrocarbonetos, composições de elementos inorgânicos, etc.

• VECO DO BRASIL IND. E COM. DE EQUIPAMENTOS LTDA.

End: Rua Uirapuru,431 – Barão Geraldo – Cx. Postal: 6552

Cep: 13085–161 – Campinas - SP

Tel: (0XX19)3787—3700 / Fax: (0XX19) 3289 -4200

Site: <http://www.veco.com.br>

MANTAS FILTRANTES

Utilizadas na pré-filtragem em geral, aliando eficiência e baixo custo.

Fabricados em fibra sintética ou fibras de vidro.

Fornecidas em rolos ou cortadas sob medida.

Classes de filtragem (ABNT): G2 /G3

Modelos: BP-15 / BP-25 / BP-40 / BV

PORTA-MANTAS

Os Porta-Mantas, são quadros permanentes confeccionados em chapa de aço galvanizada e tela metálica na saída do ar.

Este é um produto que apresenta várias vantagens em relação ao uso dos pré-filtros convencionais visto que uma vez instalados nos painéis ou caixas de filtragem, o usuário

só irá substituir a manta filtrante, proporcionando uma economia de aproximadamente 3 vezes em relação ao filtro com moldura de papelão.

Outras vantagens são a facilidade e rapidez com que se faz a troca do elemento filtrante, maior rapidez na fabricação do elemento, espaço para estocagem menor, entre outros.

Podem ser fabricados em diversos tamanhos.

Modelo: B-PM

PRÉ FILTROS PLANOS

Meio filtrante em fibras sintéticas ou fibras de vidro.

Moldura em papelão rígido e telas metálicas de proteção na entrada e na saída do ar.

Utilizados na pré-filtragem em geral, cabines de pintura, etc.

Classes de filtragem (ABNT): G2 / G3

Modelos: BP / BP-3 / BV / BV-3

FILTROS SELONITE

Meio filtrante em tela de nylon de alta resistência e lavável.

Fabricados sob medida para atender a qualquer tipo de máquina self.

Modelo: B-SEL

FILTROS METÁLICOS

Utilizados como pré-filtros, possuem baixa perda de pressão e são laváveis.

Características dos filtros:

B-MA (alumínio corrugado e sobreposto tipo colméia)

B-MG (telas corrugadas galvanizadas e sobrepostas)

B-CH (perfis dobrados em inox intercalados e sobrepostos tipo corta-chamas)

Classes de filtragem (ABNT): G0 / G1

Modelos: B-MA / B-MG / B-CH

FILTROS PLISSADOS

Utilizados em instalações com altas vazões de ar e espaço físico limitado. Grande poder de acumulação de pó, atendem até 4250 m³/h.

Meio filtrante em fibra sintética e moldura em papelão ou metálica.

Classes de filtragem (ABNT): G3 / F1

Modelos: BPL / BPL-E

FILTROS MULTIBOLSAS

Alta capacidade de retenção de pó devido a sua grande área de filtragem.
Elemento filtrante em fibras sintéticas e moldura em chapa galvanizada.

Classes de filtragem (ABNT): G3 / F1 / F2 / F3

Modelos: B-MBP / B-MBF

FILTROS FINOS

Utilizados como filtros finais ou pré filtros de filtros absolutos.

Profundidades de 78 e 292 mm, área de filtragem até 19 m² e vazões de ar até 5000 m³/h.

Classes de filtragem (ABNT): F3

Modelos: B-CEP / B-CEC

FILTROS ABSOLUTOS - HEPA

São utilizados como filtros finais em sistemas de insuflamento ou retorno de ar de Salas Limpas.

Grande área de filtragem, atendem a vazões de ar bastante elevadas devido a disposição das placas filtrantes em “V”.

Meio filtrante em papel de microfibras de vidro e molduras em chapa galvanizada, alumínio ou inox.

Classes de filtragem (ABNT): A1 / A3

Modelo: B-FAC

FILTROS ABSOLUTOS – HEPA

Possuem como principal característica as pequenas profundidades (70, 75 e 150 mm).

Utilizados com muita frequência em bancos de trabalho, fluxos laminares e caixas terminais.

Meio filtrante em papel de microfibras de vidro disposto no sentido plano e molduras em chapa galvanizada, alumínio ou inox.

Classes de filtragem (ABNT): A3

Modelo: B-FAP

FILTROS DE CARVÃO ATIVADO

Empregado para eliminação de odores diversos como: gordura, cigarro, corporais, etc.

Fabricados em moldura de polietileno injetado, madeira ou alumínio.

Perda de pressão constante, requer pré filtro classe G3.

Modelo: B-CAR

FILTROS CESTOS

Elementos filtrantes em aço inox, tecidos metálicos simples ou reps.

Utilizados em oleodutos, filtragem de água industrial, sistemas de lubrificação, indústrias alimentícias.

NACIONALIZAÇÃO DE FILTROS MEDIANTE AMOSTRA OU DESENHO.

FILTROS PARA DESPOEIRAMENTO

Aplicados em diversos segmentos industriais como cabines de pintura, sistemas de despoeiramento, etc.

Meio filtrante em papel celulósico ou fibra de poliéster aluminizado lavável.

Fabricados em forma cilíndrica ou plana.

Modelos: B-CEL / B-ALU

FILTROS MANGA

Fabricados em tecidos sintéticos ou feltros agulhados

.Diversas gramaturas, permeabilidade e dimensões.

Aplicado para qualquer tipo e granulometria de pó.

PAINEL PLANO

Fabricado com quadros modulares de 610 x 610 mm e sistemas de fixação de filtros diferenciados de acordo com o modelo a ser utilizado.

Pode ser aplicado em paredes de alvenaria ou dutos de chapa de aço.

Filtros utilizáveis:

Mantas, pré filtros, filtros bolsa, filtros metálicos ou filtros finos

PAINEL EM CUNHA

Fabricado com quadros modulares de 610 x 610 mm e sistemas de fixação de filtros diferenciados de acordo com o modelo a ser utilizado.

Grandes vazões de ar para pequenos espaços físicos.

Pode ser aplicado em paredes de alvenaria ou dutos de chapa de aço.

Filtros utilizáveis:

Mantas, pré filtros, filtros metálicos ou filtros finos planos

CAIXA DE FILTRAGEM - 1 OU 2 ESTÁGIOS

Fabricadas em chapa de aço, podendo receber pintura. São próprias para fixação em dutos de chapa e todas possuem porta de inspeção.

Podem ter 1 ou 2 estágios de filtragem de acordo com a necessidade do projeto.

CAIXA DE FILTRAGEM - PARA FILTROS ABSOLUTOS

Fabricadas em chapa de aço, podendo receber pintura. São próprias para fixação em dutos de chapa e todas possuem porta de inspeção.

Possuem apenas um estágio para filtros absolutos.

SISTEMA AUTÔNOMO DE FILTRAGEM

Indicado para uso em locais onde há necessidade de ar altamente purificado

Pode ser aplicado em tomadas de ar externo ou recirculação de ar interno.

Fornecido com 2 estágios de filtragem.

• OBER S.A. IND. E COM.

End: Av. Industrial Osacr Berggren, 572 – Distrito Industrial II

Cep: 13460-000 – Nova Odessa - SP

Tel: (0XX19) 3466-9200 / Fax: (0XX19)3466-2131

Vendas - (0XX19) 3466-9220 / 9240 Filial – Rio: (0XX21) 3866-9766 (0XX21)

Site: <http://www.ober.com.br>

Produz elementos filtrantes e a análise de sistemas de filtração.

Feltros agulhados

- 1) Poliéster
- 2) Polipropileno
- 3) Acrílico
- 4) Ryton
- 5) P-84
- 6) Nomex
- 7) Fibra de aço Inox

- RENNER TEXTIL LTDA.

End: Av. Clemente Cífali, 469 – Distrito Industrial Ritter – Cx. Postal: 1100

Cep: 94935-225 – Cachoeirinha – Rio Grande do Sul

Tel: (0XX51) 471-3030 / Fax: (0XX51) 471-1717—

Site: <http://www.rennertextil.com.br>

Poduz os elementos filtrantes: Poliéster; Polipropileno; Trol (Olefina para alta temperatura); Acrílico; PPS (Ryton, Procon); Poliamida Aromático (Nomex, Conex); Poliiimida (P-84); PTFE (Teflon, Profilen)

Os produtos são fabricados com moderna tecnologia de agulhamento, utilizando os últimos desenvolvimentos de matérias primas.

Produz linha de mangas, sacos e bolsas e confecciona nas dimensões especificadas pelo cliente utilizando feltros ou tecidos do material mais apropriado ao processo de filtração.

Todos os materiais podem ser fabricados numa ampla faixa de gramaturas, permeabilidade ao ar e resistência mecânica. Suas principais especificações são:

POLIÉSTER

Indicado para filtração de pós secos até a temperatura de 150°C.

É a fibra mais utilizada em sistemas de filtração. Sua capacidade de filtração e sua vida útil pode ser facilmente melhorada com adoção de tratamentos químicos superficiais exclusivos deste fabricante.

Encontra aplicação nas indústrias de alumínio, siderurgia, mineração, metalurgia, cimento, cerâmica, asbestos, britagem, pigmentos, amianto, petroquímica, cervejeira, de fumo, cacau, moagem de grãos entre muitas outras.

POLIPROPILENO

Indicado para filtração de pós secos ou úmidos até a temperatura de 90°C.

Seu principal campo de utilização é a filtração líquida. É a fibra de menor absorção de umidade e sua capacidade de resistência química é excelente, encontrando baixa resistência à temperatura, um fator de alta restrição a seu uso.

É aplicado em indústrias alimentícias como leite, açúcar, farinha, de cal e químicas.

TROL (OLEFINA PARA ALTA TEMPERATURA)

É um desenvolvimento de fibra para filtração seca e líquida, esta fibra possui uma resistência química semelhante a do polipropileno e temperatura de trabalho de 125°C.

É principalmente utilizado em casos na substituição ao Polipropileno e Acrílico nos casos onde estas fibras não podem ser utilizadas por problemas de temperatura e ataques químicos.

A principal utilização é em filtração de queima de cal e processos com temperatura e umidade alta.

ACRILÍCO

Indicado para a filtração de pós secos ou úmidos até a temperatura de 115°C (se utilizado o homopolímero) e 120°C (se utilizado o copolímero).

Tem como vantagem a possibilidade de utilização em meios com níveis de umidade alto. Sua fraca resistência à abrasão pode ser reduzida com adoção de tratamentos químicos exclusivos Renner, tipo Alusurf, Ferrosurf ou Cementsurf.

É utilizada em secadores por atomização, indústrias de mineração, de cal, de gesso, de adubos, de carvão entre outras.

PPS (RYTON, PROCON)

Indicado para filtração de pós secos ou úmidos até a temperatura de 180°C. As fibras de PoliFenilSulfito são hoje consideradas as fibras de maior versatilidade. Resistem a uma grande variação de Ph, tem excelente resistência a hidrólise. Sua capacidade de oxidação é muito baixa, devendo ser observados os níveis de oxigênio presentes nos gases. Encontra aplicação na filtração de pós provenientes de caldeira à carvão, fornos de escória, fritas, cerâmicas, usinas de asfalto, indústrias químicas (em campos onde ocorre ataques químicos ácidos/alcalinos).

POLIAMIDA AROMÁTICO (NOMEX, CONEX)

Indicado para filtração de pós secos ou úmidos até a temperatura de 180°C.

Utilizada em casos onde a temperatura é o principal fator a ser observado no filtro, esta fibra hoje alcança uma grande utilização em indústrias de asfalto, siderurgia, cimento, cal, fundições, químicas, alumínio, reciclagem de alumínio e também para roupas de proteção individual.

POLIIMIDA (P-84)

Para a filtração de pós secos ou úmidos até a temperatura de 240°C.

A superfície trilobal desta fibra, sua grande amplitude de PH 2-12 e a resistência à alta temperatura fazem desta fibra uma excelente alternativa para casos específicos. Sua utilização pode ser indicada para os seguintes processos: indústrias de fritas, asfalto, siderúrgicas, de cimento e cal, caldeiras à carvão e substituição de filtros eletrostáticos.

PTFE (TEFLON,PROFILEN)

Indicado para filtração de pós secos ou úmidos até a temperatura de 280°C. Esta fibra é uma alternativa para casos onde a agressividade química é muito alta sendo necessário um elemento filtrante capaz de suportar às mais adversas situações. Incineradores de lixo, queima de carvão mineral e indústrias químicas são as utilizações típicas deste produto.

- APOIO PROJETOS - Engenharia & Comércio Ltda.

End: Av Kennedy, 346

Cep: CEP 09726-251 - São Bernardo do Campo / SP

Tel: (0xx11) 4330 2476 Fax: (0xx11) 4123 8723

email: <mailto:apoioprojetos@hotmail.com>

Ciclones e Multiciclones

Filtros de Mangas

Filtros Eletrostáticos

Lavadores de Gases

CICLONES E MULTICICLONES

Fornecidos com os sistemas de limpeza "jato pulsante" (top-removal) + "rosca transportadora e válvula rotativa" para descarga do pó, que proporcionam uma limpeza 100% automatizada

FILTROS DE MANGA

Utilizam tecidos especiais (trançados ou agulhados) como meio filtrante, e são capazes de recolher altas cargas de materiais particulados

FILTROS ELETROSTÁTICOS

Nos Filtros DUPLO ESTÁGIO o segundo conjunto de Placas Coletoras é disposto em linha, isto a fim de oferecer uma dupla filtragem.

Capacitado para Coletar Partículas com ate 0,03 micra com eficiência de 93 a 99%

O filtro eletrostático permite a instalação ao lado da fonte poluidora, de maneira que não necessita de chaminé, rede de dutos, etc. podendo descarregar o Ar Filtrado no próprio ambiente e no caso de máquinas operatrizes climatizadas não se perde energia térmica com descarga de ar frio para o exterior.

LAVADORES DE GASES

São indicados para processar gases provenientes de processos químicos ou físico-químicos aonde a granulometria das partículas chega a ser submicrônica

Lavador Tipo Venturi:

- este lavador possui instalado na sua entrada uma garganta tipo venturi e é através da combinação da alta pressão do ar e baixa quantidade de líquido que o venturi atinge a maior das eficiências na família dos lavadores de gases (para particulados sólidos)
- altamente recomendado para partículas menores que 01 micron
- construção compacta

Lavador centrífugo:

- utilizando-se da combinação das forças centrífuga + tangencial o lavador centrífugo promove o impacto dos poluentes contra as paredes umedecidas do lavador, atingindo assim ótima eficiência na remoção de partículas e absorção de alguns tipos de gases - adequados para todas faixas de vazões - sua construção apresenta pequenas perdas de pressão e médio consumo de energia.

Lavador com chicanas:

- adequado para aplicações que envolvem cargas pesadas de pó
- o impacto entre o fluxo de gases e o líquido de lavagem atinge boa eficiência para particulados numa faixa acima de três microns
- adequado para grandes vazões
- sua construção apresenta pequenas perdas de pressão e baixo consumo de energia

Lavador auto-induzido:

- utilizam-se dos princípios de turbilhamento e particularmente obtêm uma alta eficiência na a remoção de grandes e médias quantidades de pó
- sua construção apresenta pequenas perdas de pressão e é adequada para todas faixas de vazões

- recomendado para partículas numa faixa 3 a 10 micra
- possui milhares de instalações em todo mundo

Torre de absorção de gases:

- apropriada para processar uma larga faixa de gases corrosivos e / ou tóxicos com eficiência de 94% a 99% em peso - pode trabalhar acoplada a qualquer um dos nossos lavadores
- muito utilizada também para controle de odor agregando-se ao tanque de recirculação os devidos produtos químicos e reagentes necessários

- TECNOPLÁSTICO BELFANO LTDA.

End: Av. Santa Catarina, 489 – Jd. Campanário

Cep: 09931-390 – Diadema - SP

Tel: (0XX11) 4091-2244 / Fax: (0XX11) 4091-5004

Site: <http://www.belfano.com.br>

e-mail: belfano@uol.com.br

O Venturidro Belfano revoluciona os sistemas de controle de poluição de ar, excedendo as normas de antipoluição para lavagem, absorção e neutralização de gases, elaboradas pela CETESB.

Patenteado sob numero 7405567, o Venturidro Belfano dispensa o uso de exaustor, proporcionando uma depressão de aproximadamente 50mm C.A .

O Venturidro não possui anéis de enchimento nem chicanas e associa a eficiência de desempenho de 5 tipos de lavadores:

- Lavador tipo VENTURI: pulverização do liquido na garganta (cada litro d'água pulverizado em gotas resulta em uma superfície de contato de 12m²).
- Lavador de impactação: contato do liquido e do ar nos canais de lavagem em alta turbulência.
- Lavador por expansão ou umidificacao: expansão do gás e impacto sobre a superfície do liquido no tanque.
- Lavador de espuma: o gás atravessa uma camada de espuma que e formada na superfície do tanque.
- Lavador tipo Spray: o ar, praticamente limpo, toma o sentido vertical em baixa velocidade e recebe a lavagem final por uma bateria de pulverizadores em contra-corrente.

Características do Venturidro

- Econômico, silencioso e isento de vibrações.
- Dispensa o uso de exaustor
- É totalmente anticorrosivo
- Executado em Polipropileno ou P.V.C.
- Pode trabalhar com gases até 90° C e mais com zona de pré-resfriamento
- Proporciona uma eficiência constante, mesmo com grande variação de concentração de gás na entrada.

Durabilidade

Fabricado dentro dos padrões de qualidade exigidos, o VENTURIDRO possui vida útil acima de 20 anos, com garantia total de 12 meses e assistência técnica permanente.

Equipamentos específicos - sob projeto, e também fabrica e instala quaisquer equipamento em PP (polipropileno)

• HYDRONICS PROJETOS E EQUIPAMENTOS LTDA

End: Al. Araguaia, 943 – Conj.9 - Alphaville

Cep: 06455-000 - Barueri – SP

Tel: (0XX11) 4191-42338 / Fax: (0XX11)4191-7993

e-mail: hydronics@uol.com.br

Representante / Rio: Plamontec Manut. Instl. Ltda

Tel: (0XX21) 3150-0986 / 3150-0816

e-mail: ailtonr@vento.com.br

CICLONES

FILTROS DE MANGA

LAVADORES DE GASES

• AERO MECÂNICA DARMA

End: Rua Domingos Jorge, 92

Cep: 04761-000 – São Paulo – SP

Tel: (0XX11) 5521-7044 / Fax: (0XX) —

Site: <http://www.aeromecanicadarma.com.br>

e-mail: darma@aeromecanicadarma.com.br

Instalações completas de filtragem de material particulado e/ou gases, aplicáveis na grande maioria dos processos industriais, atendendo às mais rígidas exigências de proteção do meio ambiente. Os equipamentos que fazem parte da linha de filtragem são:

- CICLONES E MULTICICLONES
- FILTROS DE MANGAS AUTOMÁTICOS
- FILTROS ELETROSTÁTICOS
- LAVADORES DE GASES

- Ciclones e Multiciclones

Os Multiciclones© são os mais simples e eficientes coletores ciclônicos para materiais particulados. Aplicáveis nos mais variados processos para a coleta de pó em fluxo de gases, operando através da precipitação por ação centrífuga, direcionada por guias de entrada e tricones de saída de projeto especial. As poeiras são retidas nos tubos coletores que descarregam o pó coletado na moega, e os gases limpos saem pela parte superior de cada duto de saída.

Fabricados em unidades modulares, em diversos tipos e tamanhos, possibilitando atender às mais rígidas especificações, com baixo custo e materiais apropriados para assegurar longa durabilidade.

- Filtros de Mangas Automáticos

Projetado com a tecnologia mais avançada de limpeza por jato pulsante e com materiais filtrantes especiais, o PULSEFLO revolucionou os conceitos de filtragem, quando a DARMA o introduziu no mercado brasileiro em 1972.

PULSEFLO é um filtro que oferece características e vantagens exclusivas:

- Retirada das mangas pelo topo (ar limpo)
- Elimina mecanismos vibratórios
- Compacto, em unidades modulares
- Elimina a necessidade de cobertura e de passadiços laterais
- Operação e limpeza contínuas
- Difusor venturi de alta eficiência
- Instalação rápida e econômica
- Inspeção e manutenção simples

- Relação elevada ar/superfície filtrante até 5,5 m³/min/m²
- Menor consumo de energia do ventilador, e de ar comprimido

Temperatura normal de funcionamento de até 130°C, e com mangas especiais até 220°C.

- Filtros Eletrostáticos

Fabricados em diversos modelos e formatos, com alternativas de escolha do sistema coletor e de limpeza, para atender às mais variadas aplicações e especificações, com vazões de milhões de m³/h.

Selecionados através de computador, os filtros eletrostáticos são projetados para atingir eficiências superiores a 99% e temperaturas de até 400°C, com perda de carga máxima de 12 mmca.

Aplicações Principais:

Usinas Termoelétricas - em caldeira a óleo ou carvão de alta ou baixa porcentagem de enxofre.

Cimento - em fornos de via seca ou úmida, moinhos.

Siderurgia - em alto forno, sinterização, coqueria, escarfagem.

Metalurgia e Mineração - em processos de produção de alumínio, cobre, zinco, chumbo, etc.

Papel e Celulose - em caldeiras de recuperação

Química e Petroquímica - em plantas de ácido sulfúrico, unidades de craqueamento catalítico, xisto, etc.

Outros - em fornos de vidro, processos de recuperação de prata, gaseificação, etc.

- Lavadores de Gases

Lavadores de gases Turbulaire®

Tipo D -

Aplicados nos mais variados processos industriais. Os gases são dirigidos para a periferia do corpo cilíndrico do lavador, que sofre uma redução de secção, provocando alta velocidade do fluxo de gases próximo a região do nível da água.

Este aumento significativo de velocidade faz com que as partículas em suspensão entrem em íntimo contato com a água e com a névoa criada na região, possibilitando a retenção das mesmas.

Um eliminador de gotas é colocado na saída do lavador para permitir a captação de gotículas que seriam arrastadas.

O material coletado em forma de lama, cuja densidade pode ser regulada, é descarregado continuamente por meio de válvula apropriada.

Tipo V -

Os lavadores Venturi são utilizados principalmente em processos industriais que necessitem elevadas eficiências de coleta de particulados.

Os gases são admitidos no bocal de entrada, totalmente seco, e posteriormente atingem o venturi e em seguida a garganta variável, que estão completamente umedecidas, eliminando o choque térmico e reduzindo ao mínimo a abrasão da garganta.

Nessa região os gases alcançam velocidades elevadas que provocam turbulência e com isso contato íntimo das partículas com a água e a névoa criada, acarretando a coleta das mesmas.

- AEROTEX VENTILAÇÃO E EXAUSTÃO

End: Rua Brigadeiro Arthur Carlos Peralta n° 192 – Casa Verde

São Paulo – SP.

Tel: (0XX11) 3858-4211 / Fax: (0XX11) 3856-7755

Site: <http://www.aerotex.com.br>

CORTINA D'ÁGUA

São fabricadas com largura de 1,2 até 6 metros.

Construída em chapa de aço galvanizado.

Incluso: exaustor, bomba d'água, transporte e instalação.

- CAPMETAL - TECNOLOGIA AMBIENTAL

End: Rua Idalina Senra, 45 – São Cristóvão

Cep: 20941-090 - Rio de Janeiro - RJ

Tel: (0XX21) 3860-1261 / 2580-3516 / Fax: (0XX21) 2589-0225

Site: <http://www.capmetal.com.br>

- CICLONES

- FILTROS DE MANGA

-TORRES DE LAVAGEM

- PRECIPITADORES HIDRODINÂMICOS (também em polipropileno)

Equipamentos de controle de emissões poluentes atmosféricas. Sob as premissas básicas de necessidade de equipamento que promovam eficiente contato entre os gases poluentes e um líquido de sequestro associada a necessidade do tratamento em fluxo, este equipamento desenvolveu a centrifugação multiventuri onde através de ação mecânica e físico-química alcança-se os efeitos de:

- Resfriamento isoentalpico dos gases poluentes
- Indução de energia cinética no líquido de sequestro
- Contato gás/líquido em venturis sob elevada aceleração dinâmica (velocidade x pressão)
- Captação eficiente de poluentes múltiplos e concomitantes através dos efeitos de: carreamento de partículas; condensação forçada de névoas e vapores, e solubilização e neutralização de odores e gases

• CETELFI EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

End: Rua Soldado Américo Rodrigues, 94 – Parque Novo Mundo

Cep: 02186-020 – São Paulo - SP

Tel: (0XX11) 6954-8422 / 6954-3827 / Fax: (0XX11) 6954-6427

Site: <http://www.cetelfi.com.br>

MULTICICLONES

Para emissões menores de 100mg/Nm³

Requer pouca manutenção

FILTROS DE MANGA - Tipo jato pulsante

- Para ventilação de silos
- Com sacodimento manual
- Para gases quentes
- Com pré-filtro
- Emissões menores que 50 mg/m³

LAVADOR VENTURI

- Para emissões menores de 50mg/Nm³ para controle de SOx.
- Construção em material resistente à corrosão com sistema de tratamento da água.

LAVADORES TIPO TORRE DE ENCHIMENTO

Para tratamento de gases, névoas, odor e material particulado.

LAVADORES DE ADSORÇÃO PARA CONTROLE DE ODORES

- ALLUMAGE

Tel: (0XX11)5641—6453 / Fax: (0XX11)5641 —3939

Site: <http://www.allumage.com.br>

e-mail: vendas@allumage.com.br

COMPONENTES PARA FILTRO DE MANGAS

Jato Pulsante e Ar Reverso

GAIOLAS

- em aço inox ou aço carbono, com arame de 3,0 a 6,5 mm nos diâmetros de 90 a 180 mm com até 7,5 metros de comprimento.

- 100% em alumínio para aplicações especiais

VENTURIS

Repuxados ou fundidos em alumínio, aço inox, aço carbono ou ferro.
Acabamento em zinco branco, bicromatizado ou epóxi a pó.

MANGAS FILTRANTES

Materiais Utilizados: POLIESTER - RAYTON – PTFE- NOMEX - entre outros

Tratamentos: PELÍCULA DE PTFE - REPELENTE À ÁGUA - ANTI ESTÁTICO e outros.

- GRANDE MORAVIA

End: Avenida Paulo Guilguer Reimberg,2013

Cep: 04858-570 – São Paulo - SP

Tel: (0XX11) 5526-4141 / 5526-2500 / 5526-9632 / 5526-4077

Site: <http://www.>

e-mail: gmoravia@osite.com.br

CICLONES

FILTROS DE MANGA

LAVADORES VENTURI

LAVADORES DE AEROSSÓIS

LAVADORES MULTIWIR

COLUNAS DE ABSORÇÃO

FILTROS DE CARVÃO ATIVADO

A empresa trabalha mediante cooperação tecnológica de empresas alemãs: CALDYN APPARATEBAU, e da LEIBLEIN GmbH Verfahrenstechnik für Umweltschutz und Chemie.

• MARELLI / COMET

End: Antonio Zeferino gonçalves, 151

Cep: 14.720-000 – Taiúva - SP

Tel: (0XX16) 3246-1654/3246-1662

Site: <http://www.>

e-mail: marelli@marelliventiladores.ind.br

FILTROS DE MANGA

Fabrica: Unidades Autônomas constituídas de conjuntos compactos de captação e filtragem, com versatilidade. Utilizadas nos processos industriais que requeiram mudanças rápidas no lay-out geral ou parcial da fábrica.

- Filtro de manga din-flux

Limpeza: por meio de jato pulsante (ar comprimido).

Elementos Filtrantes: selecionados de acordo com o tipo de aplicação.

Aplicação: como elemento de separação e controle da poluição nos mais variados campos da ventilação industrial

- Filtro de manga sin-flux e megaflux

Limpeza: contracorrente pulsante por intermédio de ventilador auxiliar ou entrada natural

Elementos Filtrantes: selecionados de acordo com o tipo de aplicação.

Aplicação: como elemento de separação e controle da poluição nos mais variados campos da ventilação industrial.

- Filtro de manga MV

Limpeza: por intermédio de vibrações produzidas por motovibradores.

Elementos Filtrantes: normalmente fibras de poliéster tecnicamente estabilizadas, sob consulta outro material pode ser usado.

Aplicação: como elemento de separação e controle da poluição nos mais variados campos da ventilação industrial.

- Filtro de manga SM

Limpeza: por intermédio da agitação manual dos elementos filtrantes.

Elementos Filtrantes: normalmente fibras de poliéster tecnicamente estabilizadas, sob consulta outro material pode ser usado.

Aplicação: como elemento de separação e controle da poluição nos mais variados campos da ventilação industrial

- Filtro destinado à indústria siderurgica

Tipo: MEGA-FLUX V104-DY-10,5/1

Capacidade efetiva: 800.000m³/h.

Número de mangas: 1248

Quantidade de câmaras: 12

Sistema de descarga do pó: Válvulas rotativas

Transporte do pó: Roscas helicoidais –

Transportador de correias e Elevador de canecas.

Quantidades de exaustores: 02(de dupla aspiração)

Tipo: L-33/1460/DIDW/7

Pressão Estática: 760mmca.

Diâmetro do rotor: 1950mm.

Velocidade de Rotação: 1180RPM.

Potência do Motor: 1400 HP - 6 pólos.

- Filtro Destinado a Captação de Fumos Gerados na Fundição de Chumbo

Sistema de Limpeza: jato pulsante;

Composição Química do Fluido: Óxido de chumbo (80%), cloreto de chumbo (15%), outros (5%);

Capacidade: 90000m³/h;

Quantidade de Mangas: 960

Quantidades de Câmaras: 4;

Descarga do Pó: Roscas helicoidais e válvulas rotativas;
Tipo do Exaustor: centrífugo de simples aspiração;
Velocidade de Rotação: 1.180 RPM;
Potência do Motor: 200 HP

- ENFIL

End: Vespasiano, 95
Cep: 05044-050 –São Paulo- SP
Tel: (0XX11) 3871-2532 Fax: (0XX11) 3871-4376
Site: <http://www.enfil.com.br>
e-mail: enfil@enfil.com.br

FILTROS DE MANGA
PRECIPITADORES ELETROSTÁTICOS
LAVADORES DE GASES A SECO

- FOCUS GLOBAL TRADING REPRESENTAÇÃO E CONSULTORIA

XIII

End: Rua Maria do Carmo Cardoso, 59-E
Cep: 13230-000 – Campo Lindo Paulista - SP
Tel: (0XX11) 4039-1291 Fax: (0XX11) 4039-1291
Site: <http://www.meteka.com> / <http://www.hoval.com>
e-mail: focusglobal@uol.com.br

INCINERADOR PIROLÍTICO

Nota: Algumas destas empresas fabricam outros equipamentos, inclusive Câmaras e Coletores Gavitaçãoais, embora não conste dos dados e detalhes aqui divulgados.

ANEXO IX

- EXEMPOS DE PRÁTICAS DE INVESTIGAÇÃO DO CHUMBO NA ATMOSFERA
- ACIDENTES – (RECENTEMENTE DIVULGADOS)

Exemplos de Práticas na Investigação do Chumbo

Como qualquer substância poluente, deve-se investigar a presença do chumbo, avaliando-se sua concentração no ar sob os limites de tolerância estabelecidos. A sua presença, ultrapassado os limites, configura condição insalubre e possibilidade de adoecimento.

Duas pesquisas, uma com objetivo de avaliar a contaminação por chumbo no interior de uma indústria de reciclagem de baterias, e outra com foco nas circunvizinhanças, recentemente realizadas com o apoio de Centros de Pesquisa e Universidades, são um bom exemplo de implementação de coleta de amostras para determinação e avaliação de exposição ao chumbo, como forma de monitoramento e prevenção de contaminação ambiental.

A realização de amostragens e análise de ar, seguindo uma metodologia específica, desenvolvida com objetivo de identificar e quantificar o chumbo, é muito bem exemplificada no trabalho de Araújo “Avaliação da Exposição ao Chumbo em Ambientes de Trabalho: Aplicação de Parâmetros Ambientais e Biológicos” Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz (ARAÚJO, U. C., 1996), numa investigação em uma indústria, onde apresenta-se a forma de coleta e preparo das amostras, numa composição de duas amostragens, sendo uma de área e outra pessoal.

Nas duas amostragens, descrevem-se as condições em que foram realizadas, em duas avaliações com mesmo tempo de coleta. É apresentado como sistema de coleta o tipo de equipamento utilizado e em seguida descreve-se a forma de preparação das amostras coletadas. Os equipamentos utilizados para a coleta são específicos para cada caso, onde o de amostragem de área utiliza um modelo de bomba portátil autoportante (com tripé de base de apoio), e o de amostragem pessoal uma bomba portátil (manual). Quanto a análise das amostras, especificou-se a utilização do método de Espectrometria de Absorção Atômica, com a técnica de forno de grafite para determinação de Pb-Ar.

Outro importante trabalho, como exemplo de investigação de contaminação por chumbo, proveniente de uma indústria de reciclagem de baterias, foi realizado por um grupo de pesquisadores em “Monitoramento e Determinação da Concentração de Chumbo Particulado em Áreas Circunvizinhas a Reformadoras de Baterias”, realizado com apoio do Instituto de Química da UFRJ (*), e do Laboratório de Toxicologia do CESTEH / ENSP / FIOCRUZ (**), (QUITÉRIO, S. L. et al, 2000). O trabalho pesquisou a presença do nível de chumbo no ar em

ambientes externos, enquanto ar atmosférico, e internos, enquanto poeira doméstica nas circunvizinhanças da fonte estacionária de emissão: a indústria de reciclagem. Utilizou-se equipamentos de bombas portáteis autoportante (com tripé de base de apoio) em diversos pontos previamente estudados de acordo com metodologias e orientações de critérios de escolha de pontos de coleta estabelecidos pela EPA (United States Environmental Protection Agency) e pelo Centro Panamericano de Ecologia Humana e Saúde. Dessa forma observou-se o acúmulo de chumbo na poeira doméstica do interior das residências vizinhas, e no ar atmosférico em ambientes externos, com pontos de coleta localizados em raios de até 500 metros de distância da fonte, situação em que foi constatado que a concentração média excedia o limite num percentual significativo, em todas amostragens.

(*) UFRJ : Universidade Federal do Rio de Janeiro.

(**) CESTEh: Centro de Estudos de Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana/ ENSP: Escola Nacional de Saúde Pública / FIOCRUZ: Fundação Oswaldo Cruz.

Acidentes (recentemente divulgados)

1 - Conscientização

A conscientização do problema é um dos instrumentos que devem servir de estímulo para que ações sejam implementadas no sentido de coibir situações que ocorrem na atualidade, como o levantado no estudo de caso deste trabalho.

Não obstante a existência de legislação e tecnologia constituídas por estudos que se iniciam desde a detecção de uma contaminação através de análise de exames clínicos e laboratoriais (nexos causais), às avaliações ambientais qualitativas e quantitativas envolvendo instrumentos de monitoramento e detecção, e o conhecimento de processos de captação de poluentes, as emissões de contaminantes persistem num quadro real, evidenciadas nas indústrias constituídas por micro-empresas e empresas de pequeno porte, assim como ocorre em empresas “tradicionais” e conceituadas no mercado, mesmo que estas realizem o “nobre” objetivo da reciclagem, seguem exemplos bastante recentes de poluição e contaminação no país.

“Tamanha incoerência parece somente ser superada quando comparada a episódios dramáticos de contaminação ambiental e exposição humana, como os agora denunciados de responsabilidade das recicladoras Ajax, em Bauru, e Tonolli, em Jacareí. Nunca um termo tão corriqueiro no vocabulário ecologista foi tão usurpado e distorcido em seus princípios mais elementares como nestes casos, em que aquilo que poder-se-ia dizer elogiável – a

reciclagem do chumbo de baterias automotivas – transformou-se num pesadelo” (GOMES,2002)

<http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/mai/24/178.htm>

2 – Casos Atuais de Acidentes Divulgados (pela Imprensa)

Dentre estes exemplos está o caso de uma indústria que recicla chumbo para baterias de carro e fabrica chumbo para pesca desde de 1976 , a fábrica Tonolli, situada em Jacareí, São Paulo. Sendo que em dezembro de 2001, a 1ª Vara Cível da Comarca de Jacareí interditou esta empresa por estar manipulando de forma indevida, o que qualificou de agente químico mutagênico de alta toxicidade, o chumbo, e, também determinando que a fábrica tomasse providências para melhorar a qualidade do ar nas suas dependências.

< http://sites.oul.com.br/acpo94/MPE_JACAREI.pdf >

< <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2001/dez/20/288.htm> >

Em outro caso igualmente recente, uma das maiores fábricas de baterias automotivas do país, a empresa Acumuladores Ajax, situada em Bauru, interior de São Paulo, foi interditada em 29 de Janeiro de 2002, e uma recente liminar, de abril de 2002, suspendeu as atividades da empresa. < http://www.cetesb.sp.gov.br/Noticias/ajax_multa.htm >

< <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/abr/10/97.htm> >

< <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/abr/12/159.htm> >

< <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/abr/18/131.htm> >

No primeiro exemplo de caso citado, a sociedade manifestou sua grande preocupação publicamente, através dos 150 trabalhadores “vítimas” da empresa, da Associação de Consciência à Prevenção Ocupacional (Santos – SP), do Fórum Permanente em Defesa da Vida (São José dos Campos – SP), e do Sindicato das Metalúrgicos de São José dos Campos e Região (Jacareí –SP). Dessa forma demonstra-se a preocupação quanto a poluição ambiental, bem como a exposição ocupacional urbana causada pela manipulação do chumbo, onde estes grupos da sociedade expuseram considerações e inclusive fizeram uma representação pública com apreciação de trabalhos científicos importantes que ilustram os perigos da exposição ao chumbo, expondo os problemas ambientais e sociais então observados. Este grupo complementa a representação com uma solicitação de estudo de impactos ambientais fora do perímetro da empresa e a reparação dos danos causados ao meio ambiente externo e à população local.

Contudo, este grupo social utilizou-se de trabalhos científicos, assim como outros referenciados ao longo desta pesquisa, onde é praticamente unânime a preocupação quanto uma revisão dos limites de tolerância ambiental estabelecidos, incluindo-se o reajustamento do limite de tolerância biológica aplicado à plumbemia no Brasil, como forma de reduzir o percentual de trabalhadores contaminados, e onde se sugere uma revisão da legislação brasileira, urgente, nos aspectos ambiental, biológico e clínico, uma vez considerando a legislação torna-se um empecilho para uma maior intervenção dos órgãos fiscalizadores.

Mas é fato lamentável que tal ocorrência só torne-se pública após chegar a uma situação crítica, e também quando a referida empresa dispensou todos os funcionários depois de ter tido suas atividades suspensas pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. A partir de então sobressaem denúncias de que já havia funcionários afastados por causa de contaminação, e que os exames médicos que se realizavam na fábrica poderiam ter sido forjados, além do que, o Sindicato dos Metalúrgicos alega que o produto armazenado no local também contaminou o lençol freático.

O segundo exemplo divulgado de caso atual, é o resultado de uma Ação Civil Pública realizada por uma organização não-governamental da região, Instituto Ambiental Vidágua, que obteve a paralisação das atividades e lacração dos equipamentos de uma das consideradas maiores fábricas de baterias do País. Esta indústria já havia sido interdita em janeiro, e teria que atender uma série de 28 exigências técnicas impostas pela CETESB, sendo uma delas a apresentação de um plano de recuperação das áreas contaminadas, internas e externas à empresa, abrangendo solo, águas superficiais e subterrâneas e vegetações.

Em reportagens divulgadas, esta empresa possuía 1100 empregados, sendo que 100 deles no setor de reaproveitamento de chumbo de baterias usadas, separado da linha de montagem, e estava instalada no local desde 1958, sem nunca ter tido licença ambiental. Entretanto a organização não-governamental vinha denunciando o problema desde de 1994, mas não possuía laudos que comprovassem a contaminação, e, devido a tais denúncias, por fim a CETESB passou a monitorar a empresa há dois anos, do que decorreu a interdição e possibilitou sua posterior suspensão de atividades.

Porém estas ações não acabam com os efeitos já causados ao meio ambiente e às pessoas contaminadas, sejam elas trabalhadores destas empresas, ou moradores circunvizinhos.

No caso de Bauru constatou-se, por meio de exames toxicológicos, que mais de 70 crianças que moravam num raio de 1 km estão contaminadas, além de algumas apresentarem concentrações do metal no sangue muito acima do índice aceitável, isto é, apresentavam 27 microgramas por decilitro de sangue, quando o máximo admitido pela OMS – Organização Mundial de Saúde é de 10 microgramas por decilitro.

Ainda assim, como uma triste ilustração aos conhecimentos científicos apresentados ao longo deste trabalho, sobre a contaminação por chumbo, as reportagens divulgadas descrevem os sintomas apresentados por uma criança vizinha à indústria em Bauru, vítima da contaminação, que além dos efeitos em sua saúde, vem sofrendo efeitos “sociais e econômicos”. No caso citado, é um menino, hoje com 10 anos, e que desde alguns meses de vida apresentou sintomas da doença Saturnismo, como uma diarreia inexplicável, que o levou a diversos especialistas, até que em 1999 amostras de seu sangue foram enviadas e analisadas em dois centros especializados nos Estados Unidos, quando então constatou-se intoxicação por chumbo, além de outros metais pesados. Este garoto também apresenta uma deficiência mental, com incapacidade de construir uma frase, e apenas conseguir repetir palavras e demonstrar fácil irritabilidade, além do que, sua família possui poucos recursos para encaminhá-lo a atendimentos especializados de saúde e educação.

Este é um exemplo triste e atual daquilo a que propomos evitar, com trabalhos como o aqui desenvolvido, procurando colaborar no alcance de soluções para que condições de risco em ambientes de trabalho não se tornem degradadoras para o meio ambiente, e para o homem nele inserido.

A Convenção da Basiléia foi assinada em 1989, e tem 150 países membros. Ela tem por objetivo regular o transporte e disposição de resíduos tóxicos e também a obriga à redução na produção de substâncias perigosas. Nesta divulgação também é informado que a produção mundial de chumbo chega a 2,5 milhões de toneladas por ano, sendo que cerca de 75% é utilizado na fabricação de baterias industriais, automotivas e de equipamentos portáteis.

“ De acordo com o novo documento, os vazamentos de chumbo durante a reciclagem ou disposição inadequada de baterias são, hoje, a principal fonte de contaminação, que atinge, em especial, os trabalhadores de recicladoras e vizinhos próximos. A reciclagem do chumbo é economicamente atraente, por cortar cerca de 25% do consumo da energia gasta no beneficiamento do metal primário. Mas, em muitos países, ainda é feita em oficinas de fundo de quintal e de modo precário: as baterias são abertas manualmente, as vezes com machados, e os trabalhadores manipulam os líquidos contendo chumbo sem qualquer proteção.” (JOHN, 2002 – Jornal O ESTADÃO - internet, 28 / maio / 2002)

< <http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2002/mai/28/187.htm> >

Contudo, mesmo considerando a face degradadora do que foi relatado de uma situação que não foi administrada sob a questão da preservação, e causou severos danos ao homem e ao ambiente, esta deve ser utilizada como lição. Demonstra-se que não se deve “cruzar os braços” e simplesmente assistir, assim como muitos que se mobilizaram até ocorrer o triste fechamento de empresas que geravam trabalho, mas também a doença, a degradação ambiental. Colaborando para esta lição, a divulgação da recente elaboração de regulamentação internacional para a promoção de melhorias de condições é uma luz para orientar o caminho de todos nós para um desenvolvimento sustentável, este trabalho de pesquisa se inclui na participação desta caminhada.