

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE I (ÁCIDO  
FLUORÍDRICO E LÂMPADA DE MERCÚRIO) EM UMA EMPRESA  
DO RAMO DE ELETROELETRÔNICA NO PÓLO INDUSTRIAL DE  
MANAUS.

LUIZ MAURICIO ROBERTO JUNIOR

MANAUS  
2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUIZ MAURICIO ROBERTO JUNIOR

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE I (ÁCIDO  
FLUORÍDRICO E LÂMPADA DE MERCÚRIO) EM UMA EMPRESA  
DO RAMO DE ELETROELETRÔNICA NO PÓLO INDUSTRIAL DE  
MANAUS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Rutênio Luiz Castro de Araújo.

MANAUS

2007

Ficha Catalográfica  
(Catalogação na fonte realizada pela Biblioteca Central - UFAM)

Roberto Junior, Luiz Maurício

R652g Gerenciamento de resíduos classe I (ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio) em uma empresa do ramo de eletroeletrônica no pólo industrial de Manaus / Luiz Maurício Roberto Junior. - Manaus: UFAM, 2007.

67 f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2007.

Orientador: Prof. Dr. Rutênio Luiz Castro de Araújo

1. Substâncias químicas – Ácido fluorídrico 2. Substâncias químicas – Mercúrio 3. Resíduos industriais 4. Tubos de imagem – Cinescópios I.Título

CDU 628.4.034 (811.3)(043.3)

LUIZ MAURICIO ROBERTO JUNIOR

GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE I (ÁCIDO FLUORÍDRICO E LÂMPADA DE  
MECÚRIO) EM UMA EMPRESA DO RAMO DE ELETROELETRÔNICA NO PÓLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS.

**Dissertação apresentada ao  
programa de Pós-Graduação da  
Faculdade de Tecnologia da  
Universidade Federal do  
Amazonas, como parte dos  
requisitos para obtenção do  
Título de Mestre em  
Engenharia de Produção. Área  
de concentração: Gestão  
Ambiental**

Aprovado em 16 outubro de 2007.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Rutenio Luiz Castro de Araujo – Orientador  
Universidade Federal do Amazonas

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ierecê Barbosa Monteiro - Membro  
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Clauzionor Lima da Silva - Membro  
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Dr. Raimundo Kennedy Vieira  
Universidade Federal do Amazonas

À Deus,  
por me conceder  
saúde e  
dedicação.

Aos  
Meus pais,  
Luiz Maurício Roberto e  
Raimunda Corrêa Roberto,  
por estarem  
sempre ao meu lado  
a qualquer momento.

Aos  
Meus irmãos,  
Luecyr, Leicyr, Luiz e  
Luana pela amizade  
incontestável.

À  
Minha esposa  
Ronise Mary S. Caxeixa,  
com amizade e amor.

À  
Minha filha  
Luiza Paula Caxeixa Roberto,  
com amor.

Dedico

## Agradecimentos

Agradeço a todos aqueles que contribuíram direto ou indiretamente para que realização deste trabalho se tornasse um instrumento de dissertação para obtenção de maior conhecimento.

Ao Professor Doutor Rutenio Luiz Castro de Araujo, pela dedicação e ensinamento em me orientar para realizar esta Dissertação.

Ao Professor Doutor João Bosco Ladislau de Andrade, pelas inúmeras contribuições de ensinamento.

Aos Professores: Doutora Irecê Barbosa Monteiro, Doutor Claucionor Lima da Silva e Doutor Raimundo Kennedy Vieira por participarem da minha banca de exame.

Aos funcionários da Empresa estudada, pelo apoio e informações de interesse a esta Dissertação.

À minha família, pelo apoio nas horas difíceis que passei tentando conciliar o trabalho e a vida familiar para a conclusão desta Dissertação.

Aos professores, funcionários e colegas do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, pela amizade e apoio que obtive no decorrer do curso.

A Deus, por me conceder saúde para realização de todos os meus trabalhos.

Obrigado.

## Resumo

A empresa estudada tem como produto principal tubos de imagem (cinescópios) utilizados na fabricação de televisores e monitores para computador em diversos tamanhos. Para a produção desse produto é necessário em sua manufatura utilizar vários tipos de soluções químicas em diversas etapas do processo de fabricação para a finalização da peça. Para produzir tal componente, a empresa gera quantidade significativa de resíduos químicos, dentre eles encontram-se o resíduo de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio, sendo que apenas esses dois produtos foram escolhidos para melhorar sua administração por intermédio de um gerenciamento mais eficaz. A complexidade em relação ao meio ambiente como, também, aos seres humano, foram os fatores que levaram a gerenciar esses resíduos com um direcionamento diferenciado, embora esta companhia trate e administre todos os seus resíduos produzidos de maneira responsável. O programa foi elaborado em duas etapas, para que possa ser aplicado de forma contínua. A primeira trata do treinamento teórico e a segunda está relacionada com a implantação das melhorias, tais como: coleta, armazenamento, condicionamento, transporte interno e externo, destinação final e geração dos resíduos na linha de produção.

Palavras - Chave: ácido fluorídrico, lâmpada de mercúrio e gerenciamento.

## **Abstract**

The company has as product main tubes of images (kinescope) used in the production of televisions and monitors for computer in several sizes. For the production of that product it is necessary in your manufacture to use several types of chemical solutions in several stages of the production process for the conclude of the piece. For to produce such component the company it generates a significant amount of chemical residues, among them they are the residue of fluoridric acid and mercury lamp, and those two products were just chosen to improve your administration through a more effective administration. The complexity in relation to the environment as well as to the human beings the factors that took management those residues with a differentiated direction were, although this company treats and administer all yours the produced residues in a responsible way. The program was elaborated in two stages so that it can be applied in a continuous way. The first treats of the theoretical training and second is related with implantation of the improvements, as: collects, storage, conditioning, internal and external transport, final destination and generation of the residues in the production line.

Key words: fluoridric acid, mercury lamp and administration.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos resíduos .....	18
Tabela 2: Questionário de pesquisa .....	28
Tabela 3: Calendário de treinamento .....	37
Tabela 4: Relação Risco X Toxicidade.....	43

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Organograma da formação do processo SCREEN .....	31
Figura 2: Resumo do esquema de entrada e saída de materiais .....	58

## LISTA DE FOTOS

Foto 1: Lâmpada de Mercúrio .....	49
Foto 2: Depósito de resíduos químicos (antes da melhoria) .....	52
Foto 3: Depósito de resíduos químicos (após a melhoria).....	52
Foto 4: Novo depósito de resíduos químicos.....	53
Foto 5: Novo depósito de resíduos químicos (estruturado).....	53
Foto 6: Embalagem da lâmpada de mercúrio sem proteção interna .....	57
Foto 7: Embalagem da lâmpada de mercúrio com proteção de vinil .....	57
Foto 8: Embalagem da lâmpada de mercúrio no depósito .....	57
Foto 9: Trabalhadores da empresa responsável pela coleta de resíduos (antes da melhoria).....	60
Foto 10: Funcionário com EPI (após a melhoria) .....	60

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1: Produção mensal de resíduos de solução de ácido fluorídrico em 2006 .....63
- Gráfico 2: Produção de ácido fluorídrico em comparação 2006/2007 (jan/ a mar.).....64

## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

5S	PROGRAMA CINCO SENSOS
TPM	TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE
HF	ÁCIDO FLUORÍDRICO
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
UFPR	UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
UNIFESP	UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
ANVISA	AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA
CER	CÓDIGO EUROPEU DE RESÍDUOS
Hg	MERCÚRIO
ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
NBR	NORMA BRASILEIRA REGULAMENTADORA
EPI	EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL
FISPQ	FICHA DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO
SESMT	SERVIÇO ESPECIALIZADO DE ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
BM	BLACK MATRIX
NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub>	BIFLUORETO ÁCIDO DE AMÔNIA
GBR	GREEN, BLUE, RED
SiO	MONÓXIDO DE SILÍCIO
SQM	STAND QUALITY MANAGEMENT
ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
OSHAS	OCUPACIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES
PIM	PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS
ANDEF	ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL
HCl	ÁCIDO CLORÍDRICO
FMEA	FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

## **Introdução**

A arte do gerenciamento na indústria ou em qualquer outro estabelecimento tem o significado de administrar. Desta forma, a empresa busca desenvolver e aplicar técnicas (Seis Sigma, 5S, TPM, etc.) capazes de minimizar ou eliminar qualquer problema que porventura possa vir a prejudicar os interesses da indústria, interesses esses que estão voltados para os seus acionistas, funcionários, meio ambiente e também para a sociedade na está inserida.

Ao tentar encontrar um meio de administrar de forma mais eficiente, foi desenvolvido por esta pesquisa, para tratar, inicialmente, de alguns resíduos que se achavam mais críticos em relação aos riscos que eles poderiam causar ao ser humano, como, também, ao meio ambiente. Foram selecionadas algumas soluções químicas e delas foram escolhidas as soluções de ácido fluorídrico (HF) e lâmpadas de mercúrio. De acordo com Nunes (2003), estes resíduos pertencem à classe I, resíduos perigosos, por apresentarem propriedades como corrosividade, toxicidade e patogenicidade.

O resíduo resultante da solução de ácido fluorídrico é considerado como ácido forte, tóxico, corrosivo e nocivo à saúde humana e animal. Da mesma forma como para este ácido citado, a empresa citada tem o interesse incondicional em outro produto de alto teor tóxico e nocivo tanto à saúde humana quanto ao meio ambiente, ou seja, a lâmpada de mercúrio, ao receber corrente elétrica, emite luz ultravioleta, sendo o mercúrio (Hg) em estado líquido o principal produto químico que a compõe. Vale ressaltar que o gerenciamento desses resíduos deve atender ao estabelecido nas normas do CONAMA quanto aos procedimentos de armazenamento, transporte e destinação final.

Assim sendo, o desenvolvimento da presente pesquisa é de fundamental importância, em face do fato de propiciar um gerenciamento adequado dos resíduos supracitados.

## **CAPÍTULO I – DADOS INICIAIS**

### **1.1 – Justificativa**

A escolha desta pesquisa tem como tema Gerenciamento de Resíduos Classe I (ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio) em uma Empresa do Ramo de Eletroeletrônica no Pólo Industrial de Manaus, teve como objetivo principal melhorar a forma administrativa de como os produtos anteriormente citados eram manipulados no interior da fábrica, para não comprometer a saúde dos funcionários e conseqüentemente ao meio ambiente.

Por se tratarem de dois produtos (ácido fluorídrico e mercúrio) em que se trabalha em quantidades consideradas altíssimas, deve haver um maior controle, buscando sempre a melhor forma de diminuir os riscos de acidente. Na empresa em estudo, são descartados anualmente cerca de 110 toneladas de resíduo de ácido fluorídrico e mais de 800 lâmpadas de mercúrio, sendo que cada lâmpada contém aproximadamente 0,5 ml de solução de mercúrio.

Os resíduos de ácido fluorídrico (HF), por serem muito corrosivos, assim como o de mercúrio que tem um alto grau de toxicidade, devem ser bem manuseados, estocados, transportados de forma adequada e de acordo com as normas do Conama, para evitar qualquer acidente.

Portanto, o pleno e o ótimo desenvolvimento do projeto de pesquisa em pauta constitui-se de real importância administrativa e social.

## **1.2 – Objetivos:**

### **1.2.1 – Objetivo Geral**

Analisar os processos de gerenciamento de resíduos de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio em uma empresa no Pólo Industrial de Manaus, tendo como escopo evitar quaisquer danos aos funcionários, à sociedade e ao meio ambiente.

### **1.2.2 – Objetivos Específicos**

- i. Identificar as formas de armazenamento, manuseio e destinação final dos resíduos de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio;
- ii. Aplicar na empresa em estudo as normas relacionadas com os resíduos classe I (ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio);
- iii. Comparar as formas de armazenamento, manuseio e destinação final destes resíduos e verificar se estavam compatíveis com a legislação vigente (Conama);
- iv. Propor melhorias no gerenciamento dos resíduos de classe I, visando à mitigação de seus impactos;
- v. Avaliar o grau de instrução dos colaboradores;
- vi. Avaliar a qualidade do treinamento e fiscalização (supervisão) da empresa;
- vii. Avaliar os resultados do treinamento.

## **1.3 – Problema**

Por se tratar de resíduos de alta periculosidade, a empresa buscou uma melhoria no tratamento dessas substâncias, que possibilitou uma administração voltada ao controle interno e externo. Como, então, gerenciar todas as atividades inerentes a este resíduo, de maneira eficiente e sem provocar danos ao seres vivos e ao meio ambiente?



## **1.4 – Hipótese**

Para que a implantação do projeto de gerenciamento de resíduos tóxicos ocorresse de maneira satisfatória, a empresa buscou a conscientização de todos os funcionários, mostrando os reais perigos que estes resíduos podem causar à saúde humana e ao meio ambiente.

Ao finalizar o projeto de implantação de gerenciamento de resíduos classe I, houve uma conscientização maior de todos em busca do melhor controle por parte da empresa em relação aos seus funcionários, à sociedade e ao meio ambiente no que diz respeito ao manuseio, transporte e destinação final desses resíduos.

Assim sendo, o desenvolvimento desta pesquisa viabilizou o gerenciamento eficaz dos resíduos em estudo.

## CAPÍTULO 2: REVISÃO DA LITERATURA

Conforme já mencionado, os descartos com os produtos químicos descartados, ou também denominados de resíduos químicos industriais, podem ocasionar vários problemas à saúde humana e ao meio ambiente. Sendo que eles estão divididos da seguinte forma, quanto à sua classificação e sua periculosidade (NUNES, 2003):

Classificação:

1. Por sua natureza física: seco e molhado;
2. Por sua composição química: matéria orgânica e inorgânica;
3. Pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes.

Quanto à patogenicidade ABNT-NRB 10.004 (2006) *apud* Unifesp (2006), tais resíduos são classificados:

**TABELA 1**

Categoria	Características
Classe I	Apresentam riscos à saúde pública ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma ou mais das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
Classe II	Podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade, porém não se enquadram como resíduos I ou II.
Classe III	Não têm constituinte algum solubilizado em concentração superior ao padrão de potabilidade de águas.

Tabela 1: Patogenicidade (ABNT – NBR 10.004)

Fonte: Nunes, 2003.

Para que qualquer tipo de acidente não ocorra é necessário que haja um manejo correto dessas substâncias, para evitar contaminação tanto dentro como fora da empresa analisada.

Administrar produto químico não é uma fácil tarefa, pois além de se estar atento a qualquer anormalidade, é necessário que todos os procedimentos estejam de acordo com as normas vigentes na lei.

Os resíduos químicos citados neste projeto (ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio), por pertencerem à classe I (NUNES, 2003), são altamente perigosos e, também, pela grande quantidade que é usada pela empresa, necessitam de um acompanhamento mais rigoroso.

A solução de ácido fluorídrico é usado em três setores:

- **Setor Screen:** a uma concentração de 18 a 23%, tem a função de suavizar o interior do panel (produto que fica na parte frontal do cinescópio e tem na sua constituição 99% de sílica – vidro). Após seu uso, esta substância é retornada para o interior do tanque em que fica armazenado quando está sendo utilizado no processo. Após a aplicação em milhares de peças (30.000 peças), a solução fica saturada em função da grande quantidade de corrosão ao vidro e de algumas impurezas (grafite, material fosforescente, alumínio e outras), e então essa substância precisa ser retirada da linha de produção para ser descartada.

- **Processo Funnel:** que tem como função contrária à do processo Screen, que é de enrugar a superfície do vidro.

- **Processo Salvage:** tem a função de retirar o grafite seco externo. Nestes dois processos são utilizadas as concentrações de 1,5 e 13%, respectivamente.

Ao contrário da solução de ácido fluorídrico, a lâmpada de mercúrio é usada apenas no setor Screen (processos de Black Matrix e Slurry). Sendo que esta tem a função de solidificar a solução de foto resist (moldes de preparação da linha de grafite) e substâncias fosforescentes quando em contato com a corrente elétrica, emitindo luz ultravioleta com um comprimento de onda de 360 nm. Após 30 dias de utilização perde sua vida útil e ela precisa ser descartada.

De acordo como foi mostrado acima, é de suma importância que esses resíduos tenham um gerenciamento diferenciado, com isso esta empresa procura cada vez mais melhorias aos seus produtos e resíduos para que não possa ocorrer acidente aos seus funcionários, à sociedade e ao meio ambiente.

## 2.1 – Resíduos

Conforme descrito no site Portalambiental (2006), os resíduos estão divididos em três partes: quanto à classificação, quanto à sua origem e à sua característica física.

Quanto à classificação, os resíduos podem ser: sólido, gasoso, líquido e tóxico. Sendo que quanto à sua característica, eles se dividem em: seco, molhado, orgânico e inorgânico. Quanto à sua origem, os resíduos se dividem em: domiciliar, comercial, serviços públicos, hospitalares, industriais, agrícolas, etc.

Este estudo mostra os principais tipos de resíduos e os problemas que eles podem acarretar tanto ao meio ambiente quanto ao indivíduo. Dessa forma, alguns dados são enfatizados com o intuito de prevenção.

Ainda conforme o site acima citado, o produto químico mercúrio pode ser danoso à saúde, quando em contato com o ser humano. Por ser tóxico, tal produto pode causar problemas nefrotóxicos e neurotóxicos.

Os estudos mostram que o mercúrio em contato com a corrente sanguínea possui uma permanência de cem dias, ou seja, leva esta quantidade de tempo para ser expelido do organismo. Desta forma, o indivíduo que obteve contato com a solução de mercúrio, por mais de um ano, conviverá com esta substância por todo um período prolongado, podendo desenvolver qualquer doença relacionada a este produto químico.

## **2.2 – O Programa de Gerenciamento de Resíduos**

Cunha (2000) ressalta acerca da importância do tratamento dos resíduos químicos tratados no laboratório da UFPR, para evitar qualquer problema de contaminação aos alunos e professores, e também, à sociedade e ao meio ambiente. Conforme o autor, há basicamente três alternativas para o destino final dos resíduos químicos: aterramento controlado, incineração e o co-processamento em forno de cimento. Sendo que o último foi escolhido por aquele laboratório, após serem analisados custos e os impactos ao meio ambiente. O programa foi montado em cinco etapas:

A etapa 1 foi realizada em 28 laboratórios. Esta etapa foi dividida da seguinte forma: coleta, neutralização, teste de compatibilidade e mistura em bombona. [A etapa de neutralização trata das principais soluções que não podem ser misturadas, por serem ácido fluorídrico e, portanto, não podem ser misturadas com soluções de amoníaco e gás de amônia (UNIFESP, 2006)]. Já o mercúrio não pode ser guardado nem misturado com ácido fulmínico, acetileno, amônia e amoníaco

(UNIFESP, 2006). Por isso, o armazenamento dessas substâncias deve ser tratado com bastante cuidado e seriedade para evitar qualquer tipo de acidente ou serem guardadas perto de uma outra substância não compatível. As etapas 2, 3, 4 e 5 estão distribuídas da seguinte forma: a segunda etapa consiste no armazenamento das bombonas e baldes de resíduo químico. Na terceira etapa os coordenadores do projeto recolhem todas as fichas que serão encaminhadas ao órgão responsável para a liberação e para o co-processamento. A quarta etapa é o transporte que deve ter uma licença adquirida. E a quinta etapa é o co-processamento.

No artigo Unifest (2006) ainda há ênfase sobre as neutralizações e suas incompatibilidades e trata, também, dos resíduos especiais, como: agrotóxico, sais de cádmio, mercúrio, tálio e também materiais passíveis de recuperação, tais como sais de chumbo, irídio e rutênio.

### **2.3 – Resíduos Sólidos**

A dissertação de mestrado [Resíduos Sólidos: estudo de caso sobre a percepção de lixo apresentada pelos moradores da micro bacia do Igarapé do Quarenta (Manaus – AM)] , tendo como autora Nunes (2003), trata dos resíduos químicos que poluem o Igarapé do Quarenta, tendo estes resíduos sido denominados de lixo. Tal trabalho discorre, portanto, de um estudo de caso sobre a percepção de lixo apresentada pelos moradores da microbacia do Igarapé do Quarenta.

O que se verifica é que muitos são os tipos de lixo que são despejados no Igarapé do Quarenta, contribuindo para o aparecimento de diversas doenças. Este trabalho, em parte, destaca os tipos de resíduos que podem ser classificados como:

Classe I: apresentam risco à sociedade, à saúde pública e/ou ao meio ambiente, caracterizando-se por possuir uma das seguintes propriedades: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Classe II: Podem ter propriedades como: combustibilidade, biodegradabilidade, ou solubilidade, porém não se enquadram como resíduos I e II.

Pelo acima citado, resíduos tóxicos devem ter gerenciamento próprio e eficiente, a fim de não propiciarem condições satisfatórias ao surgimento de doenças e catástrofes pertinentes.

## **2.4 – Comissão de Resíduos da Unifesp**

De acordo com a Comissão de Resíduos da Unifesp (UNIFESP, 2006), segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT 10.004, de 2004, os resíduos estão classificados em:

Classe I: perigosos – classificados segundo as características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, irritabilidade e patogenicidade.

Classe II: não perigosos, ou seja, inertes e não inertes.

Segundo o Conama nº. 358 e Anvisa RDC 3006 (UNIFESP, 2006), os resíduos do serviço de saúde são classificados em cinco grupos:

Grupo A – resíduos biológicos ou contaminados por agentes biológicos;

Grupo B – resíduos químicos ou contaminados por produtos químicos perigosos;

Grupo C – resíduos radioativos;

Grupo D – resíduos comuns;

Grupo E – perfurocortantes.

Além da classificação, esta norma trata de como estes resíduos devem ser acondicionados, armazenados, usos das medidas de segurança e individual, transporte interno, envio para tratamento, incineração, além de listar algumas substâncias e suas incompatibilidades.

## **2.5 – Parecer Relativo ao Tratamento de Resíduos Industriais Perigosos**

O trabalho Gerenciamento de Resíduos (2005) ratifica o acima descrito e, adicionalmente, apresenta as nomenclaturas de algumas substâncias, como: anaeróbico (processo biológico que se autua sem ausência do oxigênio), BSE (doença da vaca louca), Clinquer (material sintetizado resultante da fusão parcial e da combinação química dos silicatos, da cal, do óxido de alumínio e do óxido de ferro, durante o processo de preparação do cimento), CER (código europeu de resíduos), HF (ácido fluorídrico), Hg (mercúrio) etc. (embora o texto retrate de forma geral os resíduos industriais perigosos).

### **CAPÍTULO 3: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

O controle dos resíduos de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio necessitou de manuseio utilizando-se mão-de-obra qualificada. Para isso, a empresa realizou treinamento, por meio de profissionais qualificados para todos os funcionários que têm contato direto ou indireto com tais resíduos.

A pesquisa para coleta de dados foi realizada dentro (contaminação de funcionários) e fora da empresa (comunidade mais próxima e igarapé). No igarapé foi coletada amostra de água em um lugar mais próximo do esgoto da empresa.

Para a devida análise acerca da contaminação da água escoada pela empresa (sendo que esta, antes de ser devolvida ao esgoto, precisa estar tratada de acordo com a qualidade necessária), as amostras foram examinadas em laboratório próprio da empresa.

Na área ambiental, esses resíduos não podem entrar em contato com o solo, para não haver risco de contaminar o lençol freático. Quando, porém, o resíduo de ácido fluorídrico é retirado em bombonas, em muitos casos, ocorria vazamento para área de acesso às tubulações ou calhas de água. Tal vazamento iria chegar à unidade de tratamento com quantidade de fluoreto superior ao máximo permitido em legislação, ou seja, em 10%. No entanto, com o vazamento na ocasião do recolhimento, esta solução provocava contaminação da água, aumentando o percentual de fluoreto. Com isso, a empresa aumentava seus gastos em neutralização e ampliava o risco de contaminação ao meio ambiente.

Materiais utilizados para coleta de dados foram os seguintes:

1. Bombona de polietileno (estocagem de resíduo de ácido fluorídrico);
2. Caixas de polietileno sem abertura lateral ou no fundo (para estocagem da lâmpada de mercúrio);
3. Tubulação de polietileno com dimensões de 15 cm por 150 m (para escoamento de resíduo de ácido fluorídrico);
4. Equipamento de proteção individual (EPI) aos funcionários que forem manusear os resíduos industriais;
5. Questionário e treinamento;
6. ISO 14000 e OSHAS 18001.

## **CAPÍTULO 4: RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Em relação à pesquisa feita nesta empresa, é notável que houve um grande avanço no decorrer do estudo e planejamento executado. A necessidade da manutenção das melhorias realizadas, porém, é de vital importância para que haja continuidade das atividades desenvolvidas ao longo desta análise teórica e prática, a fim de se alcançar às promissoras intenções, que é a saúde dos funcionários, evitar qualquer problema ao meio ambiente e, conseqüentemente, à sociedade.

Verificaram-se diversos itens nos processos que têm relação com o manuseio de alguns tipos de resíduos perigosos (classe I). Portanto, em diversos seguimentos da empresa em estudo, tais como: coleta, armazenamento, acondicionamento e destinação final, há necessidade fundamental de um aprimoramento nas tarefas pertinentes.

### **4.1. Conhecimentos Básicos Preliminares: Ácido Fluorídrico e Lâmpada de Mercúrio**

Em uma pesquisa interna realizada nesta empresa, observou-se que cerca de 80% dos operadores que têm contato, de alguma forma, com o resíduo da solução de ácido fluorídrico, não têm noção dos riscos envolvidos nas atividades executadas. Segundo a FISPQ (Ficha de Segurança de Produto Químico), o contato dessa solução com o tecido humano pode ocasionar queimaduras de até primeiro grau. Além do mais, o contato desta mesma solução com os olhos pode levar à perda da visão por completo. Sendo que o mesmo ocorre com os funcionários que manuseiam lâmpada de mercúrio, porém as conseqüências são diferentes, que podem ocasionar sérios problemas (nefrológico e neurológico – portalambiental, 2006) á saúde.

De acordo com as informações citadas anteriormente, foi planejado um treinamento para informar aos operadores acerca do real perigo a que eles estão submetidos. Inicialmente, os públicos relacionados para receber informações mais detalhadas foram os funcionários dos processos produtores de resíduos de ácido fluorídrico e de lâmpada de mercúrio. Apesar de alguns funcionários (operadores de produção) não manusearem estes resíduos, eles também foram obrigados a receberem treinamento, pois havendo necessidade de executar qualquer tarefa relacionada com estes produtos, estariam eles conscientizados dos riscos a que estão submetidos, caso o trabalho não seja realizado com as devidas prudências e, ainda, de se operar de maneira correta o produto e usar os EPIs de forma correta.



Inicialmente, observou-se uma grande resistência por parte dos funcionários sobre o treinamento, pois o fato de receber treinamento “aduzia” como forma de aumentar o trabalho, em razão do controle e obrigação que seria cobrado posteriormente. Ou seja, os trabalhos necessitariam ser executados de forma correta, conseqüentemente, mais afazeres e mais tempo. Para resolver essa questão, adotou-se a conscientização por intermédio de palestras e vídeos de forma a mostrar a realidade do perigo que cada operador estaria enfrentando com os produtos químicos em geral, caso não respeitassem as normas e novas regras que seriam adotadas após uma reestruturação no controle de resíduos a serem manuseados.

Os resultados para a melhoria nas coletas de resíduos estão diretamente relacionados com outros itens que necessitavam ser melhorados, tais como: aumentar a eficiência da qualidade do setor Screen, treinamento dos funcionários para melhorar a conscientização e responsabilidade ao manusear qualquer produto de alta periculosidade de forma incorreta e/ou sem equipamento de proteção, evitar qualquer acidente com o meio ambiente que, conseqüentemente, pode afetar tanto a fauna, a flora, como também a sociedade.

Para iniciar o projeto de gerenciamento de resíduos nesta empresa, foi necessário que houvesse um direcionamento para verificar quais as “dimensões” que se passavam internamente ao problema a ser abordado, estudado e posteriormente executado. Desta forma, os resultados a seguir proporcionaram um estudo para implantar e dá continuidade a alguns itens que estão afetando a segurança dos trabalhadores com os resíduos de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio.

As perguntas foram feitas estrategicamente de acordo com os problemas demonstrados por meio de fontes como SESMT e responsáveis pela produção (líderes e supervisores), sendo que elas foram estudadas pela equipe de engenharia dos setores envolvidos para ter uma idéia clara da situação para planejar o conteúdo didático a ser trabalhado junto aos funcionários relacionados. O questionário pertinente é apresentado a seguir.

**TABELA 2: Questionário de pesquisa**

<b>a. Conhece os produtos e resíduos químicos que você manuseia?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	50%	40%	0%
Não	50%	60	100%
<b>b. Você já recebeu algum treinamento por parte da empresa sobre algum produto ou resíduo químico que você manuseia?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	0%	0%	0%
Não	100%	100%	100%
<b>c. Já sofreu algum acidente com relação ao produto ou resíduo químico na empresa?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	70%	20%	50%
Não	30%	80%	50%
<b>d. Qual parte do seu corpo foi afetado com produto ou resíduo químico (fonte SESMT).</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Braço	28%	12%	22%
Perna	30%	36%	24%
Pé	20%	28%	26%
Mão	10%	14%	16%
Olhos	6%	4%	0%
Outros	6%	6%	12%
<b>e. Produto com maior incidência de acidente (fonte SESMT).</b>			
Processo		Screen	
HF		53%	
NaOH		32%	
H2SO4		4%	
Outros		11%	
<b>f. Você usa todos os tipos de EPI para manusear produto ou resíduo químico?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	20%	10%	10%
Não	80%	90%	90%
<b>g. Você tem conhecimento literário da solução de ácido fluorídrico?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	10%	15%	0%
Não	90%	85%	100%
<b>h. Você tem conhecimento literário do produto químico mercúrio (Hg)?</b>			

Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	30%	0%	0%
Não	70%	100%	100%
<b>i. Já teve contato com a lâmpada de mercúrio?</b>			
Processo	Screen		
Sim	40%		
Não	60%		
<b>j. Você sabe quais os primeiros socorros que devem ser feitos em caso de acidente com a solução de ácido fluorídrico?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	60%	50%	20%
Não	30%	50%	80%
<b>l. Quais os primeiros socorros que devem ser realizados em caso de acidente com a solução de mercúrio?</b>			
Processo	Screen		
Sim	0%		
Não	100%		
<b>m. Você verifica a condição do EPI antes do uso?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	10%	10%	20%
Não	90%	90%	80%
<b>n. Você limpa o EPI após o uso?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	40%	40%	40%
Não	60%	60%	60%
<b>o. Você já recebeu treinamento sobre FISPQ?</b>			
Processo	BM	Funnel	Salvage
Sim	0%	0%	0%
Não	100%	100%	100%

BM: Processo de Black Matrix  
 Funnel: Processo Funnel  
 Salvage: Processo Salvage

#### 4.2. Processos Utilizados na Empresa-Alvo

Para buscar a melhoria dos resíduos de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio, foram estudados apenas os processos diretamente responsáveis pela produção desses resíduos.

O processo produtivo básico desta empresa é formado por três produções, produção I, produção II e produção III:

- A produção I é formada pelos setores de Máscara, Screen e Salvage. E cada setor desses é formado por vários processos, com exceção do processo de Salvage que é um setor à parte.
- A produção II é composta pelos processos Funnel, Gun Sealing, Mount e Aging, etc.
- Produção III compreende os setores de ITC, Out Going, etc.

A solução de ácido fluorídrico (HF) é usada nesta empresa em diferentes processos com distintas funções. Sendo que os setores produtores desses resíduos em estudo são:

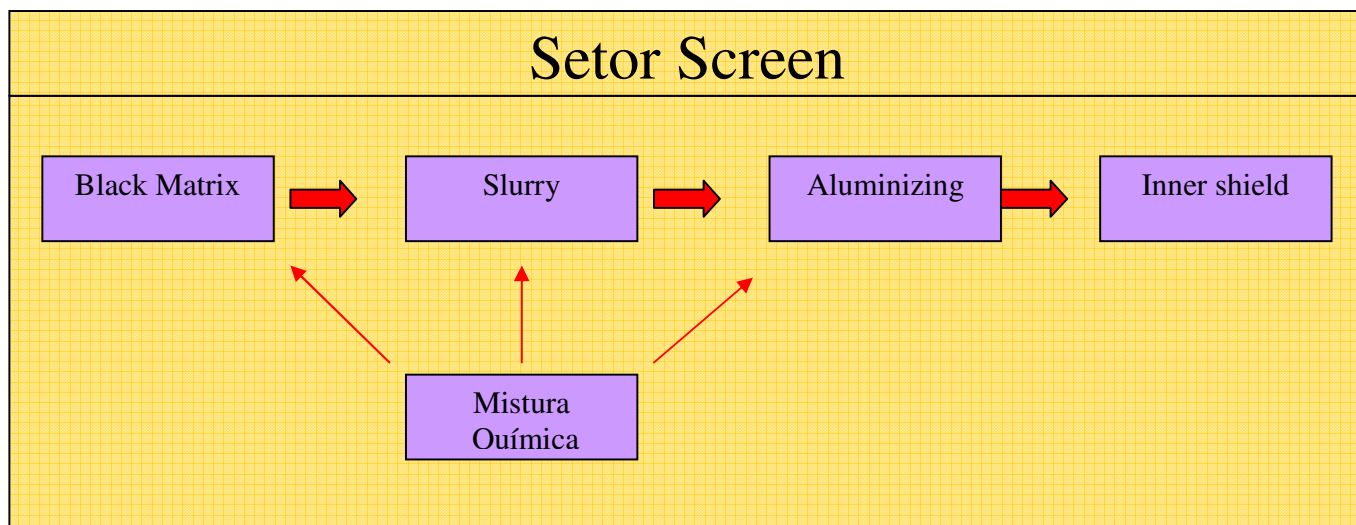
#### **4.2.1 Setor Screen**

Formado por cinco processos (Black Matrix, Slurry, Aluminizing, Mistura Química e Inner Shield).

O resíduo de ácido fluorídrico no setor Screen é produzido no processo de Black Matrix. Sendo que o resíduo de lâmpada de mercúrio é proveniente dos processos de Black Matrix e Slurry. Os outros processos apenas complementam a produção.

Os principais defeitos gerados no setor de Screen são: impurity, white spot, screen stain, HF splash (originado no processo de Black Matrix); water splash, GBR condensation, Slurry others (originado no processo de Slurry); acetona splash, graphite drop (originado no processo de Aluminizing). Estes defeitos gerados têm uma conseqüência direta com a produção de resíduos de ácido fluorídrico como, também, de lâmpada de mercúrio pois, somando todos estes, teremos um resultado que corresponde por mais de 50% de produtos defeituosos e isto faz afetar diretamente tanto a qualidade como, conseqüentemente, aumenta a geração de resíduos de solução de ácido fluorídrico, como também da lâmpada de mercúrio. Por se tratar do setor mais complexo da fábrica em geração de resíduo, a estrutura do setor Screen é apresentada na Figura 1.

**FIGURA 1: Organograma da formação do processo Screen**



#### **4.2.1.a - Função da Solução de Ácido Fluorídrico no Processo de Black Matrix**

Tem como função principal formar a linha de grafite na parte interna do vidro. Neste processo, a solução de ácido fluorídrico é de uso constante, pois este produto tem como função “corroer” a parte interna do vidro (panel – parte frontal do cinescópio). Esta corrosão propicia a reação vidro com o HF, a qual tem como objetivo suavizar a superfície e retirar possíveis impurezas que podem estar impregnadas ao material em processamento. Além desta função, esta solução é usada para retrabalhar peças que são defeitos em processos posteriores (Slurry, Aluminizing, Inner Shield, além do processo de Salvage).

Quando o panel (vidro) é retrabalhado, ocorre também a reação de grafite e HF ( $C + HF$ ), além da sílica com HF ( $SiO + HF$ ). Com isto, o produto segue para várias outras posições até receber a solução de grafite onde serão formadas finíssimas linhas.

A solução de ácido fluorídrico aplicado ao interior do panel possui uma concentração que varia de 18 a 23%, de acordo com o SQM (Stand Quality Management). São quatro tanques usados na linha de produção no processo de Black Matrix (dois tanques para cada linha, com capacidade de 200 kg de solução para cada tanque).

De acordo com a especificação na linha de produção (SQM), é necessário que os tanques sejam limpos a cada três dias, ou seja, processadas 29.088 peças (9.696 peças diárias em cada linha de produção, ou seja, o tempo para produzir cada peça é de 8,4 segundos).

O que mais contribui para a saturação da solução de ácido fluorídrico são os produtos com defeitos, pois quando eles são retrabalhados é retirada todo o grafite (linhas de grafite) e outras substâncias (material fosforescente, alumínio, etc.) que estavam aderidos internamente ao vidro.

O processo de aplicação da solução de grafite ocorre da seguinte forma: aplica-se a solução internamente ao panel, e esta retorna ao tanque, e assim ocorrem sucessivas vezes até chegar ao ponto de saturação, no qual é atingido até três dias, pois este período está de acordo com a eficiência dos processos (direct yeild do setor Sreen, que mede a eficiência média de quatro processos: BM, SRY, AL e I/S, que estão relacionados com o índice de retrabalhos das peças com defeito) que é em média 96,5%.

À medida que o processo de Black Matrix trabalha com maior eficiência (maior qualidade), há necessidade cada vez menos de limpar os tanques, pois o acúmulo de grafite e resíduos de outras substâncias (vidro, material fosforescente e outros) está diretamente relacionado com a periodicidade de geração de resíduos de ácido fluorídrico, em função do número de retrabalho ser em menor quantidade. Para cada 1% a menos de eficiência no setor Screen são geradas 387 peças para serem retrabalhadas. Desta forma é imprescindível a troca da solução de ácido fluorídrico, gerando assim grande quantidade de resíduos desta solução. Para produzir menor quantidade de resíduos da solução de ácido fluorídrico é necessário melhorar as eficiências dos processos envolvidos no retrabalho de peças.

As posições (local na linha de produção onde é aplicada a solução de ácido fluorídrico) sofrem influências externas de outras posições anteriores e posteriores a estas. Esse efeito fazia com que no interior dos tanques aumentasse a quantidade de resíduo desta solução, e para evitar transbordamento que conseqüentemente acarreta contaminação junto à água que é recolhida na calha do processo e atinja o setor de tratamento, é necessário que o operador tenha maior contato com o resíduo de solução de ácido fluorídrico produzido e, com isso, aumenta o risco de acidente.

Outro fator importante quando se trabalha o resíduo da solução de ácido fluorídrico em maiores quantidades é o meio ambiente. Como a empresa trabalha com um quadro “enxuto” de pessoas, ou seja, poucos funcionários para realizar várias tarefas, muitos manuseios são feitos de forma irregular, acarretando derramamento desnecessário para a calha do processo onde passa apenas água e algumas outras soluções que serão tratadas. Obviamente que o excesso de trabalho facilita a ocorrência de erros de procedimentos e tarefas mal executadas. Uma vez contaminada a

água para tratamento, esta precisará imediatamente ser neutralizada para retirada de íons de fluoretos a fim de não afetar os cursos dos rios. Não é apenas esse descontrole de trabalho que pode ocasionar a contaminação, outros fatores influenciam de forma significativa, como a retirada de resíduos sólidos do interior dos tanques de aplicação da solução de ácido fluorídrico (média de 5 kg de resíduos compostos principalmente de ácido fluorídrico e vidro) e o vazamento deles na linha de produção. Este problema foi encontrado após o setor de Utility verificar a qualidade da água e perceber, pela análise química, uma grande concentração de fluoreto nela contida. Para evitar que a água contaminada não entrasse em contato com os leitos dos rios ou igarapés, podendo gerar uma possível contaminação, foi necessário fazer um processo de neutralização imediato, acarretando assim maior risco à saúde do trabalhador, aos rios e à sociedade, além de aumentar os custos da empresa para o procedimento necessário.

#### **4.2.1.b - Função da Lâmpada de Mercúrio no Processo de Black Matrix**

A lâmpada de mercúrio no processo de Black Matrix tem a função de emitir luz ultravioleta com um determinado comprimento de onda. Após esta emissão, a luz reage com a solução de photo resist (substância fotossensível), fazendo com que esta adere ao vidro para formação de “moldes”, que formarão futuras linhas de grafite.

#### **4.2.1.c - Função da Lâmpada de Mercúrio no Processo de Slurry**

No processo de Slurry, as lâmpadas de mercúrio têm função similar ao processo de Black Matrix, porém algumas mudanças ocorrem, como: comprimento de onda e nas substâncias (fosforescentes de cores azul, verde e vermelho) que ocorrem à reação.

### **4.3. Setor de Salvage (Produção I)**

O setor de Salvage tem a função de recuperar algumas peças que formam o tubo de imagem, quando este é considerado um produto com defeito. Para se processar esta recuperação é necessário operar algumas substâncias químicas que farão com que as peças sejam trabalhadas e retorne à produção normal como peças de boa qualidade.

Dentre os resíduos em estudo, este processo opera apenas com a solução de ácido fluorídrico. Esta solução tem a função de retirar a substância de grafite da parte interna e externa do funnel, que foi aplicado anteriormente no processo de Funnel (Produção II).

A solução de ácido fluorídrico é trabalhada a uma concentração de 20% e é aplicada tanto internamente como externamente do funnel (parte traseira do cinescópio, possui formato de cone), fazendo com que o grafite que está agregado seja completamente retirado.

#### **4.4. Setor da Produção II**

Este setor é formado por vários processos, ou seja, Funnel, Gun Sealing, Mount e Aging e outros. Sendo que dentre esses departamentos, apenas o processo de funnel produz resíduo de ácido fluorídrico.

A função da solução de ácido fluorídrico no processo Funnel é diferente das funções dos processos de Black Matrix e Salvage. Ao invés, porém, de suavizar (processo BM), ele terá de “enrugar” o vidro externa e internamente no funnel para que a solução de grafite adere de forma coesa.

Diferente dos outros dois processos (Funnel e Salvage) que não dependem da eficiência de qualidade para aumentar ou diminuir a produção de resíduo de ácido fluorídrico, o setor de Screen (Black Matrix, Slurry e Alumining) está diretamente relacionado com a produção em quantidade desse material. Pois dependendo do número de peças retrabalhadas (peças com defeitos), esta quantidade pode ser diminuída. Então podemos concluir que o processo Screen é um gargalo para a produção em relação à produtividade como também na geração de resíduos.

Quanto maior a produtividade e qualidade do setor Screen, menor será a saturação da solução de ácido fluorídrico, ou seja, se aumentada esta eficiência de 96,5%, fará com que a produção de resíduo da solução de ácido fluorídrico diminua e conseqüentemente produzirá menos resíduo. Reduzindo assim o custo para empresa, tanto em venda deste produto como aumento da produtividade, eficiência e qualidade.

Como o setor é de maior complexidade (maiores geradores de defeito e conseqüentemente geradores de retrabalho), faz-se necessidade de melhorar a qualidade em função de técnicas



utilizadas na produção para aumento da eficiência, como TPM, Seis Sigmas e Trabalho em equipe (TFT).

#### **4.5. Treinamento para Manuseio de Resíduo Classe I**

Os operadores dos processos de Black Matrix, Funnel, Salvage e Utility (responsáveis em administrar a solução de resíduo de solução de ácido fluorídrico e neutralização de fluoretos na água quando em maior concentração), foram divididos de acordo com os horários e processo de trabalho. O conteúdo do treinamento abordou assuntos que estão diretamente relacionados com as condições físico-químicas em relação à solução de resíduo de ácido fluorídrico, com isso o planejamento seguiu as seguintes instruções:

1. Escolha dos instrutores responsáveis para executarem o treinamento;
2. Conteúdo para o treinamento;
3. Público-alvo para receber o treinamento;
4. Quantidade de horas para o treinamento.

##### **4.5.1. Instrutores:**

Os instrutores foram divididos da seguinte forma: analistas e técnicos da área de engenharia de processo, segurança (SESMT – OSHAS 18001), meio ambiente (Utility – ISO 14000) e manuseio com produtos químicos (Setor de Mistura Química).

O responsável técnico pela área de segurança identificou por meio de uma pesquisa os principais acidentes envolvendo as soluções de risco maior (classe I). De acordo com o resultado, pôde-se elaborar um manual com conteúdo voltado para a segurança do operador em manusear os produtos químicos.

O treinamento seguiu um calendário com seus respectivos horários e instrutores (ver Tabela 2) englobando conteúdos específicos.

O bem-estar da coletividade, assim como do meio ambiente, foram assuntos inclusos no treinamento, para mostrar a relação e a necessidade de se evitar qualquer dano ambiental, pois a

empresa possui certificação da ISO 14000 e tem um grande interesse de preservar e evitar qualquer acidente que envolva o ecossistema.

**TABELA 3: Calendário do Treinamento**

hora	segunda	terça	quarta	quinta	sexta
9 h - 12 h	Palestra (instrutor 2)	EPI apropriado (instrutor 2)	Revisão (instrutor 1)	Revisão (instrutor 2)	FISPQ (Instrutor 2)
	O uso do EPI (SESMT - instrutor 2)	Características dos resíduos (Instrutor 1)		Etiqueta, transporte e armazenamento (instrutor 4)	Conteúdo didático (HF e HG - Instrutor 1)
13 h - 17h	Vídeo (acidente de trabalho - Instrutor 2)	Resíduos (Instrutor 1)	Compatibilidades de produtos (Instrutor 1)	Noções de segurança (OSHAS 18001 - Instrutor 2)	Legislação ambiental (Instrutor 3)
	Treinamento prático (uso do EPI - instrutor 1)		Primeiros socorros (Instrutor 2)		

O treinamento iniciou-se com as escolhas dos instrutores, pois foram aproveitados funcionários da própria empresa, já que os instrutores externos aumentariam mais ainda o gasto com a implantação de gerenciamento de resíduos classe I (ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio). Dessa forma, foram escolhidas pessoas que já tinham vivência na área, além da formação técnica.

**Instrutor 1:** formação superior em química, experiência de dez anos no controle e manipulação de produtos químicos, treinamentos em auditoria (ISO 9001/14000) e OSHAS 18001 e responsável pela elaboração técnica do uso da solução de ácido fluorídrico na linha de produção.

**Instrutor 2:** formação técnica em segurança do trabalho, especialista em meio ambiente e responsável pela implantação e manutenção da OSHAS 18001 na empresa-alvo.

**Instrutor 3:** formação técnica em química, especialista em engenharia de meio ambiente, responsável pela implantação e manutenção da ISO 14000 e recolhimento de resíduos na empresa.

**Instrutor 4:** responsável pelo departamento de Mistura Química (produz as soluções químicas para linha de produção), com experiência em manuseios de produtos químicos.

#### **4.5.2 Conteúdo do Treinamento**

A empresa em estudo vinha enfrentando diversos tipos de problemas em face do não uso regular de EPI. Tal comportamento era por causa de uma série de costumes praticados por falta de informações (ver pesquisa, p. 15). Como consequência deste fato, muitos acidentes que aconteceram pelo uso de maneira incorreta, ou simplesmente por não usar tal equipamento, deveriam ter sido evitados. O que se observava é que nos manuseios de produtos químicos, como é o caso do resíduo da solução de ácido fluorídrico, os operadores manuseavam este produto sem ter nenhum conhecimento técnico de como ele deveria ser tratado.

A pesquisa pertinente realizada mostra que, em média, apenas 30% (funcionários dos processos de Black Matrix, Funnel e Salvage) tinham algum conhecimento sobre a solução de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio. Os restantes (70%) nunca tinham tido nenhuma informação.

A conscientização devida foi feita por intermédio de palestras, treinamentos e demonstrações práticas e tendo em consideração os problemas encontrados na pesquisa feita com os colaboradores e os dados obtidos pelo SESMT da empresa.

#### **4.5.3. O Uso do EPI**

##### **4.5.3. a - Palestra sobre o efeito das substâncias químicas corrosivas**

Foram mostrados depoimentos de funcionários que se acidentaram em algumas empresas do PIM e as consequências que acarretaram nas vítimas. O objetivo dessa palestra foi fazer com que os funcionários se sensibilizassem e procurassem usar o equipamento de proteção individual da forma correta. O fato de os depoimentos serem exemplos de acidentes ocorridos em uma empresa no Pólo Industrial de Manaus foi de significativa importância, por tratar-se de uma empresa com características similares à empres-alvo desta pesquisa. Estes depoimentos foram importantes, também, por mostrarem que, muitas vezes, os acidentes ocorreram por excesso de confiança das próprias vítimas.

Além dos exemplos de uma empresa situada em Manaus, foi comentado sobre acidentes ocorridos em empresas localizadas em outros Estados brasileiros, justamente para demonstrar que o

não-cumprimento do EPI pode provocar acidentes em qualquer lugar ou onde existir uma fábrica em operação.

Os responsáveis em manusear produtos classe I demonstraram, por meio de perguntas e respostas, que muitas vezes eles estiveram em situações de riscos similares aos exemplos explanados nas palestras. De acordo com a pesquisa realizada posteriormente ao treinamento, os operadores estão, agora, comprometidos em usar os EPIs e manusear corretamente os produtos químicos e resíduos com maior atenção e mais segurança.

Algumas perguntas foram feitas no decorrer das palestras aos funcionários envolvidos no treinamento, sendo que as respostas eram de forma individual, por escrito, sem que fosse necessário se identificar; o objetivo era obter o máximo de informações verdadeiras possíveis. As perguntas foram as seguintes:

*– Você já manuseou algum tipo de resíduo classe I (alta periculosidade) sem usar nenhum EPI? Em caso afirmativo, por que não foi usado?*

**Resposta:** *100% dos funcionários responderam que sim. E 80% responderam que se sentiam seguros, 10% esqueceram e 10% não tinham interesse.*

Foi questionado pelo instrutor o motivo porque achavam que estavam tão seguros quanto a não usar o EPI. O que se observou nas respostas foi quase unânime, pois a maioria respondeu discursivamente que já trabalhava havia bastante tempo e já tinha o domínio ou estava bastante acostumado.

Ao verificar esses relatos, pode-se observar que a falta de instrução aos operadores é problema sério, pois a maneira como pensam é em função da falta de treinamento ou instruções de forma contínua, para que eles não continuem considerando que a experiência é suficiente para evitar qualquer acidente. Se eles tivessem conhecimentos mais técnicos, a forma de pensar seria diferente e com isso os funcionários, ao manusearem qualquer solução química, usariam os protetores de acordo com cada produto. Como o objetivo era saber a real causa de não usar o EPI, ficou evidente que todos os operadores que manuseavam resíduos possuíam os equipamentos de segurança necessários, porém, eles não eram incentivados a usar ou não tinham conhecimentos suficientemente adquiridos.

Baseado nos resultados anteriores nesta pesquisa, foi intensificado o uso do EPI para toda a área de produção, sendo que para os manuseios de produtos químicos perigosos ou não, o uso de EPI passou a ser incluso na lista de verificação da OSHAS 18001, como uma forma de garantir que o processo de treinamento e disciplina seja constante para os funcionários.

#### **4.5.3.b - Como Usar o EPI**

De acordo com o SESMT desta empresa, alguns problemas são enfrentados diariamente para que o uso do EPI seja extensivo ao máximo de funcionários. A seguir, alguns pontos são mostrados e discutidos para evidenciar a real situação e o descontrole que se observa. Entretanto, se destacam como principais empecilhos as seguintes observações:

- Resultados mostram que nos horários noturnos (a partir das 18 h até 7 h), os operadores raramente usam os equipamentos de proteção individual, de maneira completa ou correta. Verifica-se que um dos motivos é que nesses horários os responsáveis superiores (supervisor, chefe e engenheiro) estão todos ausentes, em razão do final da jornada de trabalho. Com isso, o nível de cobrança diminui acentuadamente e o desinteresse em usar o equipamento de proteção é quase total.
- De acordo com os relatos dos operadores, o uso dos EPIs acarreta perda de tempo e atrapalha os movimentos e o desempenho em executar determinadas tarefas. É justamente com este tipo de pensamento que a empresa está atuando de maneira instrutiva para conscientizar os funcionários, ou seja, que a segurança depende dos equipamentos de proteção individual e que poderão ser evitados vários acidentes.

As pesquisas que foram feitas anteriormente, que evidenciam que os principais EPIs relacionados ao manuseio de resíduos e outros produtos químicos, que são menos usados no trabalho, mostram que:

1. 75% não usavam máscara de proteção a gás;
2. 50% não usavam luvas de borracha;
3. 75% não usavam óculos de segurança;
4. 50% não usavam avental;
5. 75% não usavam macacão de látex;

6. Apenas a bota de segurança é usada 100%.

Analisados os resultados, o SESMT da empresa elaborou uma escala de fiscalização envolvendo os responsáveis de segurança (uma pessoa por turno) para atuar de forma prática para coibir o não uso de EPI.

#### **4.5.3. c - Falta de conhecimento**

A pesquisa mostrada no item 4.1, feita para saber o grau de conhecimento que cada funcionário que manuseia produto químico (resíduos e outras substâncias), mostra que não possuem nenhum tipo de conhecimento sobre os riscos que esses produtos podem causar. Segundo a pesquisa, 70% (média entre os três processos de Black Matrix, Funnel e Salvage) não têm informação pertinente sobre o produto que está sendo manuseado. Além dessa porcentagem, existem outros dados mais alarmantes dentre os processos envolvidos, pois todos, ou seja, 100% dos funcionários que lidam com resíduos e outros produtos químicos, nunca havia recebido nenhum treinamento para fazer manuseios dessas substâncias. Dessa forma, pode-se concluir que a falta de conhecimento é um item de máxima importância e que está diretamente relacionado com a segurança do trabalhador desta empresa. Com base nestas informações, foi elaborado um treinamento contínuo a cada mês, para que os funcionários envolvidos no manuseio de resíduos participassem de reuniões periódicas (a cada 30 dias), para discutir qualquer anormalidade ou receber algum treinamento. O SESMT seria responsável para executar junto a esses colaboradores as reuniões de segurança. Para este procedimento ter maior relevância, adotou-se que os documentos (ata de reuniões) fossem protocolados junto a OSHAS 18001, como forma de manter em evidência e o comprometimento de cuidado e atenção ao manusear os resíduos classe I.

Algumas pesquisas foram feitas sobre o uso do equipamento individual de segurança e mostrou como deve ser usado de forma correta sem acarretar perigo à saúde do trabalhador. Segundo o site: <http://www.andef.com.br/epi/risco.htm>, que foi usado como modelo para o uso do EPI, pode ser feito da seguinte forma:

#### **1º Responsabilidade:**

A legislação trabalhista prevê que é de obrigação do empregador fornecer os EPIs adequados ao trabalhador, instruir e treinar quanto ao uso dos equipamentos de proteção individual,

fiscalizando e exigindo o uso deles e repondo os que forem danificados. Para o empregado este deve usar e conservar os EPIs.

## **2º Risco:**

O risco de intoxicação é definido como a probabilidade estatística de uma substância química pode causar efeito tóxico. O risco é uma função da toxicidade do produto e da exposição.

Risco = f (toxicidade; exposição).

Segundo a Andef (Associação Nacional de Defesa Vegetal), o risco está relacionado com a toxicidade e exposição da seguinte forma, como mostra a Tabela 4.

**TABELA 4: Relação Risco X Toxicidade (ANDEF, 2003)**

<b>Risco</b>	<b>Toxicidade</b>	<b>Exposição</b>
Alto	Alta	Alta
Alto	Baixa	Alta
Baixo	Alta	Baixa
Baixo	Baixa	Baixa

De acordo com a empresa em estudo, foram selecionados os principais EPIs que são nelas usadas e descritos de acordo com a Andef.

### **4.5.3. d - Uso dos EPIs na Produção: Treinamento Teórico**

Para uma proteção adequada, os EPIs devem ser usados com segurança e de forma correta. A seguir é descrito sobre os principais EPIs.

#### **1. Calça e Jaleco**

A calça e o jaleco devem ser vestidos sobre roupa comum, fato que permitirá a retirada das vestimentas em locais abertos.

Para melhorar o conforto, os EPIs podem ser usados sobre bermuda e camiseta de algodão. O aplicador deve vestir primeiro a calça e o equipamento deve ficar perfeitamente ajustado. O velcro deve ser fechado com os cordões para dentro da roupa. Caso ele possua capuz, assegure-se de que este estará devidamente vestido, pois, caso contrário, facilitará o acúmulo e retenção de

produto, servindo como um compartilhamento. Obviamente que o EPI deve ser de acordo com o tamanho do funcionário.

## **2. Botas de Segurança**

Devem ser impermeáveis e calçadas sobre meias de algodão de cano longo, para evitar atrito com os pés, tornozelos e canela. As bocas das calças do EPI sempre devem estar para fora do cano das botas, a fim de impedir o escorrimento do produto tóxico para o interior do calçado.

## **3. Avental Impermeável**

Deve ser utilizado na parte da frente do jaleco durante o preparo da calda e pode ser usado na parte de trás do jaleco durante as aplicações com equipamento costal. Para aplicações com equipamento costal é fundamental que o pulverizador esteja funcionando bem e sem apresentar vazamentos.

## **4. Respirador**

Deve ser colocado de forma que os dois elásticos fiquem fixados corretamente e sem dobras, um fixado na parte superior da cabeça e o outro na parte inferior, na altura do pescoço, sem apertar as orelhas. O respirador deve encaixar perfeitamente na face do trabalhador, não permitindo que haja abertura para a entrada de partículas, névoas ou vapores. Para usar o respirador, o trabalhador deve estar sempre bem barbeado.

## **5. Viseira Facial**

Deve ser ajustada firmemente na testa, mas sem apertar a cabeça do trabalhador. A viseira deve ficar um pouco afastada do rosto, para não embaçar.

## **6. Boné Árabe**

Deve ser colocado na cabeça sobre a viseira. O velcro do boné árabe deve ser ajustado sobre a viseira facial, assegurando que toda a face estará protegida, assim como o pescoço e a cabeça.

O fato de a lâmpada de mercúrio ser um objeto de difícil manuseio, ela não pode ser usada com os EPIs acima citados; desta forma, apenas os usos desses equipamentos serão de prioridade para os resíduos classe I, no caso, ácido fluorídrico.



#### **4.5.3. e - Uso dos EPIs na Produção: Treinamento Prático**

O treinamento prático consistiu em mostrar, na prática, como os EPIs podem ser usados de maneira correta, evitando possíveis acidentes no manuseio de qualquer tipo de resíduos. O treinamento foi feito na linha de produção, fazendo uma simulação na coleta do produto.

Primeiramente foi verificado como alguns funcionários usavam os principais EPIs no manuseio de resíduos (luva, bota, avental, óculos de segurança, máscara antigás etc.). A escolha ocorreu entre um grupo de operadores (três funcionários em cada grupo) com mais tempo (acima de dois anos) de serviços e outro grupo com menos tempo (até dois anos). Os resultados mostram que ambos os grupos se diferenciavam, apenas, na maneira de se vestir ou usar os EPIs. Dessa forma, foi notável a falta de treinamento destes funcionários e, conseqüentemente, que eles não estavam recebendo o condicionamento necessário por parte da empresa, a fim de eliminar os acidentes à que os colaboradores estavam propícios.

Vale ressaltar que os testes foram aplicados a dois grupos de operadores. Os resultados mostram que os erros cometidos pelos dois grupos são semelhantes. Esta informação se baseou em apenas lembrar ao grupo que os funcionários estavam sendo monitorados em relação aos manuseios, porém não foi comentado qual tipo de monitoramento que estava sendo feito.

Grupo (Grupo 1) com tempo de serviço acima de dois anos:

- 100% não verificou as condições do EPI.
- 100% não limpou o EPI após o uso.
- 50% não colocou a máscara após o contato com o resíduo de solução de ácido fluorídrico.
- 100% não colocou os EPIs nos locais próprios.

Grupo (Grupo 2) com tempo de serviço abaixo de dois anos:

- 100% não verificou as condições do EPI.
- 100% não limpou o EPI após o uso.
- 100% não colocou a máscara após o contato com o resíduo de solução de ácido fluorídrico.
- 100% não colocou os EPIs nos locais próprios.

O que se nota nesta pesquisa é que em uma simples verificação do uso de EPI não existe praticamente nenhuma diferença entre um grupo com mais ou menos experiência.

Os erros foram mostrados aos operadores como forma de corrigi-los e educá-los, para não mais cometerem tais procedimentos.

#### **4.6. Otimização no Gerenciamento de Resíduo (Ácido Fluorídrico e Lâmpada de Mercúrio)**

No processo Screen existe uma quantidade acentuada de resíduos que é produzida todos os dias, porém os de classe I, como o ácido fluorídrico (20%), lâmpada de mercúrio, ácido sulfúrico (5%), ácido clorídrico (10%), soda cáustica (10%), amônia (28%), bifluoreto ácido de amônia (15%) são os que teoricamente deveriam ter um controle de forma mais efetiva e constante, entretanto muitos desses resíduos, que são recolhidos em algum tipo de recipiente, apresentavam falta de gerenciamento que podiam prejudicar o meio ambiente e os funcionários de maneira geral.

Embora mensurável (sete tipos de resíduos classe I), o setor Screen não mostra uma quantidade significativa, mas por trabalhar 24 horas por dia, se produz bastante resíduos. Por necessitar de acompanhamento ou manuseamento para se armazenar e depois descartar, este material para descarte torna-se um risco para a saúde do trabalhador, em razão da quantidade de vezes que entra em contato com tais substâncias químicas perigosas.

Os resíduos que necessitavam ser manuseados com maior frequência eram as soluções de ácido fluorídrico a 20%, bifluoreto ácido de amônia ( $\text{NH}_4\text{HF}_2$ ) a 15%, ácido clorídrico (HCl) a 10% e lâmpada de mercúrio. Os resíduos provenientes da soda cáustica, ácido sulfúrico e amônia são descartados em uma tubulação que transporta estes resíduos diretamente para tratamento no setor apropriado (Utility). Estes três últimos resíduos operam com concentrações constantes, não apresentando grandes riscos em mudanças nas suas especificações e, por isso, seu controle torna-se mais ameno, porém com a responsabilidade pertinente.

##### **4.6.1. Manuseio de Resíduos da Solução de Ácido Fluorídrico e Lâmpada de Mercúrio**

A solução de ácido fluorídrico, quando em condições impróprias para uso na empresa, deveria ter apenas um direcionamento na linha de produção, ou seja, ser levada em bombonas de polietileno de 30 kg para o setor 1 de armazenamento no pátio da mistura química. Foi evidenciado,

porém, que esta solução, ao ser coletada, ficava exposta em lugares inapropriados ao processo ou era descartada na calha (fluxo de água para tratamento) da produção. Esse procedimento de descarte junto à água de tratamento tinha como objetivo minimizar o trabalho, pois agindo dessa forma o resíduo de ácido fluorídrico era imediatamente eliminado do tanque onde estava armazenado. Entretanto, segundo alguns funcionários, isso se fazia necessário, pois não havia tempo e nem mão-de-obra suficiente para fazer o manuseio de coleta adequadamente. Embora perigosa e podendo acarretar sérios danos ao meio ambiente, os operadores não faziam idéia de quanto estava sendo nocivo e prejudicial. Este tipo de atitude foi mostrado no treinamento, pois independente do número de pessoas ou tempo de serviço, a atividade deveria ser praticada de maneira correta. Com isso foram mostrados os perigos que poderiam ocorrer caso não fossem praticados de forma correta.

Foi verificado, pelas atitudes dos operadores, que apesar de saberem que a solução (qualquer resíduo) pode acarretar certos danos à saúde, eles não faziam idéia da dimensão do problema real.

Este conteúdo foi apresentado aos funcionários em treinamento para terem conhecimento mais técnico sobre os produtos que eles manuseavam, e que com responsabilidade e conscientização evitariam problemas relacionados sua à saúde, como trarão um retorno em evitar acidentes de trabalho e também ao meio ambiente.

A lâmpada de mercúrio, antes e após sua utilização, deve ser tratada com bastante cuidado, haja vista que elas, por ser um produto de manuseio difícil pelo seu tamanho e por sua complexidade em particular, não é possível o uso de qualquer EPI. o funcionário, porém, deve está ciente de que, caso haja rompimento do vidro de proteção e conseqüente vazamento de mercúrio, estará sendo contaminado por este produto químico, podendo ter problemas de saúde (nefrológicos e neurológicos – portalambiental, 2006).

#### **4.6.1.a - Características do Resíduo da Solução de Ácido Fluorídrico (FISPQ)**

Concentração: (20%, em média);

Classificação: classe I (altamente corrosivo);

Provoca queimaduras de até 1º grau;

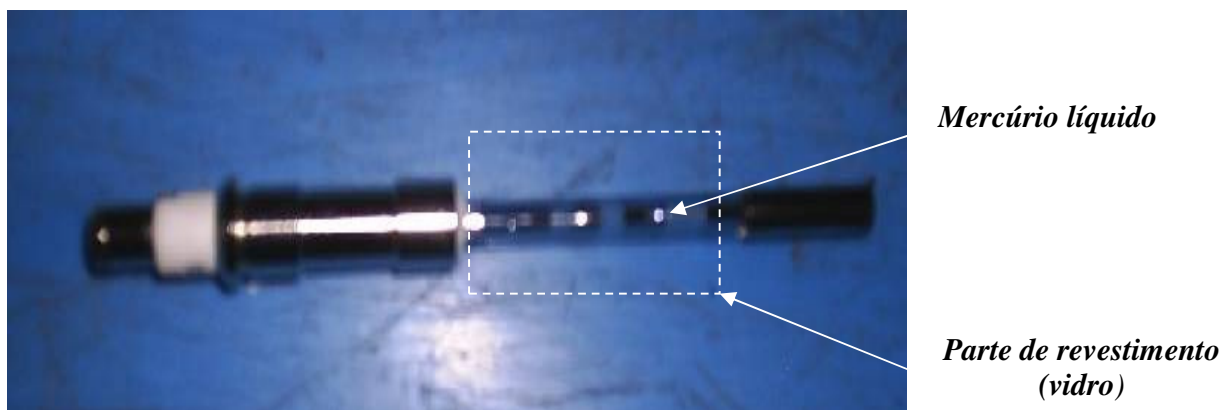
Em contato com os olhos pode levar a perda total da visão.

Coloração (definição prática vivenciada no processo): Em função da cor do grafite ser negra, o resíduo de ácido fluorídrico apresenta uma coloração escura com tonalidade acinzentada (os resíduos dos 3 três processos, Black Matrix, Funnel e Salvage, possuem as mesmas características quando entram em contato com o grafite impregnado no vidro).

#### **4.6.1.b - Características do Resíduo da Lâmpada de Mercúrio**

A lâmpada de mercúrio é constituída em 100% no seu interior por solução de mercúrio. A parte que reveste o mercúrio é de vidro, com espessura de aproximadamente 0,5 mm, conforme mostra a Foto 1.

**FOTO 1: Lâmpada de mercúrio.**



O mercúrio deve ser evitado de qualquer forma, pois acarreta problemas de saúde (portalambiental, 2006). A coloração deste líquido é prateada.

O manuseio de resíduos de qualquer natureza deve seguir orientação do SESMT da empresa, pois, por intermédio da OSHAS 1800,1 a empresa busca uma forma de melhorar a segurança de seus funcionários. Com isso, os responsáveis em manusear ou controlar o resíduo de ácido fluorídrico, lâmpada de mercúrio, dentre outros produtos que necessitem usar algum tipo de EPIs deverão estar devidamente instruídos e vestidos com seus protetores individuais. Para que isso ocorra constantemente foi formada uma equipe a fim de fiscalizar a operação dos funcionários quando em contato com qualquer produto químico.

Caso ocorra de encontrar o uso indevido ou o não uso do EPI, o operador será notificado imediatamente e terá de prestar esclarecimento à sua chefia imediata, podendo ser advertido de acordo com as normas da empresa.

Esta fiscalização ocorrerá nos três turnos em que a empresa trabalha (primeiro turno: das 7 às 15 h, segundo turno: das 15 às 23 h, e terceiro turno das 23 às 7 h), para isso haverá um responsável em fiscalizar em horários distintos, pois o objetivo é fazer com que os funcionários realmente usem os EPIs de forma regular e constante.

#### **4.6.1.c - FISPQ (Ficha de Segurança de Produto Químico)**

De acordo com a empresa, cada produto químico adquirido para ser processado na produção necessita vir acompanhado da FISPQ, porém o que se observava na empresa era que 68% dos produtos químicos não tinham este documento em condições de se usar na linha de produção. Alguns apresentavam poucas informações, outros estavam parcialmente traduzidos (lâmpada de mercúrio) e o restante não continha a FISPQ.

A FISPQ é importante porque contém todas as informações necessárias ao funcionário, em caso de acidente. Por isso precisa estar em locais de fácil acesso e linguagem adequada.

Em face de que o resíduo de solução de ácido fluorídrico tem concentração de 20% e a lâmpada de mercúrio contém solução de mercúrio em quantidades elevadas, verificou-se a necessidade de utilizar a FISPQ em locais estratégicos, onde ocorria manipulação desses resíduos. Tal comportamento estendeu-se para outros resíduos gerados nesta empresa.

Por meio deste levantamento e das implantações das FISPQ na linha de produção, elas foram afixadas em lugares estratégicos e de fácil contato.

Embora a empresa tenha existência de aproximadamente dez anos em funcionamento no mercado local, ainda não tinha percebido a importância deste tipo de documento, pois alguns produtos químicos considerados classe I não tinham este material na linha de produção e até na empresa. Após a implantação da OSHAS 18001 (fevereiro de 2007), passou-se a adotar em toda fábrica o uso da FISPQ. Neste caso, para que o funcionário estivesse ciente de tal documento, ficou determinado que haveria um treinamento teórico de cada produto em relação a seu conteúdo

descrito. Após este procedimento o funcionário passou a assinar uma ficha para comprovar sua ciência de como proceder em caso de eventual acidente. Com isso ficou determinado pelo SESMT da empresa que a cada seis meses (tempo mínimo de rotatividade na empresa) haveria um novo treinamento para evitar que tal conteúdo tivesse desinteresse por parte dos operadores que manipulam os resíduos.

#### **4.6.2. Armazenamento e Incompatibilidade de Produtos Químicos**

Os pátios dos três setores não atendiam a algumas exigências da ISO 14000, pois alguns itens não estavam sendo devidamente executados, apesar da empresa estar certificada nesta norma, necessitou de mudanças para se adequar de maneira mais coerente com as realizações no manuseio de resíduos e os produtos químicos usados na produção. De acordo com a norma NBR 12.235, é necessário que o chão para recebimentos desses tipos de produtos esteja devidamente adequado para receber o material de descarte. Por isso, esses setores de armazenamento passaram por algumas mudanças para atender às necessidades exigidas pela legislação (ISO 14000).

Na área (setor 1 – Mistura Química) de recebimento de resíduos, onde ficavam juntos produtos químicos de descarte (resíduos) e produtos químicos de entrada (produto a ser usado na produção), foram separados e utilizadas áreas independentes para ambos os produtos, evitando assim qualquer erro de controle, tanto para a produção como para descarte desses produtos.

Todos os produtos, inclusive o ácido fluorídrico, assim como as lâmpadas de mercúrio, ficam em locais separados, de acordo com suas compatibilidades em relação a outras substâncias.

Tanto a área do processo de Funnel como a do processo de Salvage passaram pelas mesmas adaptações para o armazenamento de resíduos.

### **FOTOS 2 e 3: Fotos do depósito de resíduos químicos, respectivamente**



Foto 2: Foto antes da ação (setor 1).



Foto 3: Foto após a ação (setor 1).

O local para armazenamento de resíduos desta empresa existia nas seguintes áreas: pátio do setor de Mistura Química (armazenamento oriundo do setor Screen), pátio do Funnel (resíduos gerados no setor de Funnel) e do processo Salvage (resíduos gerados no processo Salvage).

O setor 2 (resíduos para destinação final por empresa terceirizada) é um setor que foi criado para melhorar o escoamento de todos os resíduos classe I que necessitam ser transportados por outra empresa, porém neste setor o produto fica por mais tempo de três dias a uma semana, dependendo da quantidade de resíduos, pois a quantidade desses produtos fica sob responsabilidade do setor de Utility, com isso eles não devem ultrapassar o empilhamento de três fileiras e nem a área demarcada. Antes que isso ocorra, a empresa prestadora de serviço é acionada para o recolhimento dos produtos a serem transportados. Neste setor os padrões de compatibilidade e segurança seguem os mesmos padrões do setor 1, sendo de responsabilidade não mais do processo de Mistura Química, mas sim do setor de Meio Ambiente (Utility).

Este lugar (setor 2), antes de iniciar o projeto, apresentava problemas de armazenamento e acondicionamento, pois os recipientes com resíduos ficavam expostos ao ar livre e sem proteção e também sem fiscalização por parte de setores responsáveis. Para manter estes produtos em condições ideais para evitar qualquer dano ao meio ambiente ou possivelmente um acidente com algum funcionário, foi criado o setor 2, com infra-estrutura adequada para guardar e acondicionar de forma responsável.

O depósito nas fotos 5 e 6 do setor 2 fica localizado em uma área estratégica com dimensão de 100 m<sup>2</sup>, adaptado de acordo com a necessidade de estoque de resíduos.

### **FOTOS 4 e 5: Imagens do novo depósito de resíduos químicos**



Foto 4: Novo depósito para resíduos classe I.



Foto 5: Novo depósito para resíduos classe I (estruturado).

Embora a empresa trabalhasse com armazenamento de produtos químicos em área reservada, não havia um controle eficaz, pois muitas substâncias, tanto de entrada (solução química para uso na produção) como de saída (resíduos industriais), ficavam misturadas nos mesmos locais, tendo-se dificuldade até para identificar quais resíduos estavam coletado nos recipientes gerando incompatibilidades de produtos.

Resíduos compatíveis não geram gases, calor excessivo, explosões ou reações violentas (CGU.UNICAM, 2006). Baseado nesta afirmação, procurou-se trabalhar os produtos incompatíveis que eram estocados de forma indevida na área 1 (pré-armazenagem), e área 2 (armazenagem para seguir para destinação final) da empresa. Lembrando que no item armazenamento foi evidenciado que os produtos eram armazenados de forma incorreta, apresentando dessa forma perigo de forma geral à empresa e ao meio ambiente.

Tanto no setor de pré-armazenagem como no setor de armazenamento para destinação final (empresa terceirizada), a solução de ácido fluorídrico estava sendo armazenada junta (lado a lado) com a solução de amônia.

O mesmo ocorria com as lâmpadas de mercúrio, encaixotadas em caixas de papelão, ficavam próximas, também, à solução de amônia. Esses problemas foram selecionados a partir da demarcação do chão com tinta de cor específica e com a reestruturação das áreas 1 e 2. Com isso, passou-se a tratar o assunto com maior importância junto aos funcionários que também foram treinados e conscientizados sobre tal situação.

Aos operadores trabalhou-se a conscientização da incompatibilidade sobre os riscos e perigos que certos produtos químicos podem ocasionar.



Para uma melhor adaptação junto aos funcionários, criou-se uma tabela com os resíduos que eram armazenados nas áreas distintas. Para a solução de ácido fluorídrico, ficou da seguinte forma: esta solução não poderia ser armazenada próxima a soluções de amônia (aquosa ou anidra) e a lâmpada de mercúrio próximo de solução acetileno, hidróxido, hidróxido de amônia e hidrogênio (UNIFESP, 2006).

Antes desta melhoria, os resíduos eram guardados de forma aleatória em área sem identificação e também sem estrutura. Além disso, os funcionários não tinham idéia da incompatibilidade de produtos (ver pesquisa). Esses resíduos, apesar de terem os locais para serem armazenados, não eram trabalhados de acordo como estabelecido em norma, pois sem orientação e sem conhecimento técnico, os operadores responsáveis em manusear corriam risco de sofrerem danos à saúde. Para ratificar a ação, itens de treinamento e preenchimento de lista de controle ficaram amarrados juntos a OSHAS 18001, para manter regularmente o controle das operações.

#### **4.6.3. Acondicionamento**

Verificou-se que havia problemas no acondicionamento de resíduos, ou seja, ao serem armazenados os resíduos no setor 1, foi constatado um grande fluxo de empilhadeira e pessoas transitando. As empilhadeiras se deslocavam, muitas vezes, com velocidades acima do permitido (20 km/h), com isso este problema gerava um outro, que era o recolhimento desses produtos de forma irresponsável, danificando as bombonas e espalhando produtos químicos por toda a área, podendo ocasionar sérios riscos à saúde das pessoas que circulavam neste mesmo local.

Um outro problema verificado era a forma de estocagem dos resíduos da solução de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio.

Os resíduos de ácido fluorídrico eram coletados em bombonas de dois tipos: 30 e 200 kg. Este recipiente (tambor de polietileno) de 200 kg apresentava dificuldades no seu transporte e armazenamento por apresentar um tamanho significativo que dificultava a sua locomoção. Como as armazenagens eram feitas diretamente no piso do processo, posteriormente havia dificuldade para a retirada deste material por ser bastante “pesado”. Como o tambor de 200 kg apresentava uma massa maior para os padrões humanos, o empilhador necessitava de ajuda de uma segunda pessoa que, muitas vezes, não ocorria, com isso o material não era retirado, dando-se o seu acúmulo.

Para solucionar este problema, passou-se a usar somente bombonas de 30 kg (polietileno) de uso exclusivo do material anteriormente usado, exemplo: somente se poderia recolher resíduo de ácido fluorídrico em bombonas que já vinham sendo utilizadas para este fim na produção, ou em bombonas novas. Para evitar maiores gastos, a empresa recolhadora de resíduos fazia a devolução dos recipientes antes levados.

As lâmpadas de mercúrio eram recolhidas em caixas de papelão com tamanho de 600 cm<sup>3</sup> (caixa de origem). Estas lâmpadas não apresentavam nenhuma proteção (Foto 6) entre uma e outra, por isso em um movimento brusco podiam se colidir no interior da caixa e causar ruptura e conseqüentemente vazamento de mercúrio. Para evitar este problema, que poderia afetar imediatamente qualquer funcionário ou o meio ambiente, foram feitas melhorias para um acondicionamento desse material de forma a evitar qualquer acidente.

A embalagem das lâmpadas é da seguinte forma: uma caixa contém 30 lâmpadas de mercúrio embaladas em uma segunda caixa de papelão que protege as lâmpadas de entrarem em contato uma com a outra no transporte; essas embalagens são guardadas, assim que as lâmpadas não são mais utilizadas, e elas são encaixotadas novamente nestas embalagens e levadas para o armazenamento. Com isso, em caso de choque as lâmpadas não entram em atrito. Além dessa proteção, antes de inserir as embalagens menores na caixa de tamanho maior, é colocado um vinil de espessura de 0,5 mm (material reconicionado e outras embalagens, sem ocasionar custos, Foto 7) por dentro da embalagem (Foto 6) para proteger de forma mais eficaz as lâmpadas, em caso de uma colisão desproporcional. Após preencher a caixa com as lâmpadas de mercúrio, porém, elas são fechadas (Foto 8) e levadas para estocagem.

#### FOTOS 6, 7 e 8: Fotos das embalagens das lâmpadas de mercúrio (antes e depois)



Foto 6: lâmpada de mercúrio embalada sem prote o.



Foto 7: lâmpada de mercúrio embalada com prote o.



Foto 8: lâmpadas de mercúrio usadas e embaladas com prote o interna.

#### **4.6.4 Uso de Etiquetas**

Além das mudanças para um melhor acondicionamento, foi adotado o uso da etiqueta desde a linha de produção até a destinação final. Pois é necessário que se tenha todos os itens anotados para evitar erros de coleta, armazenagem e locomoção, e armazenamento de resíduos.

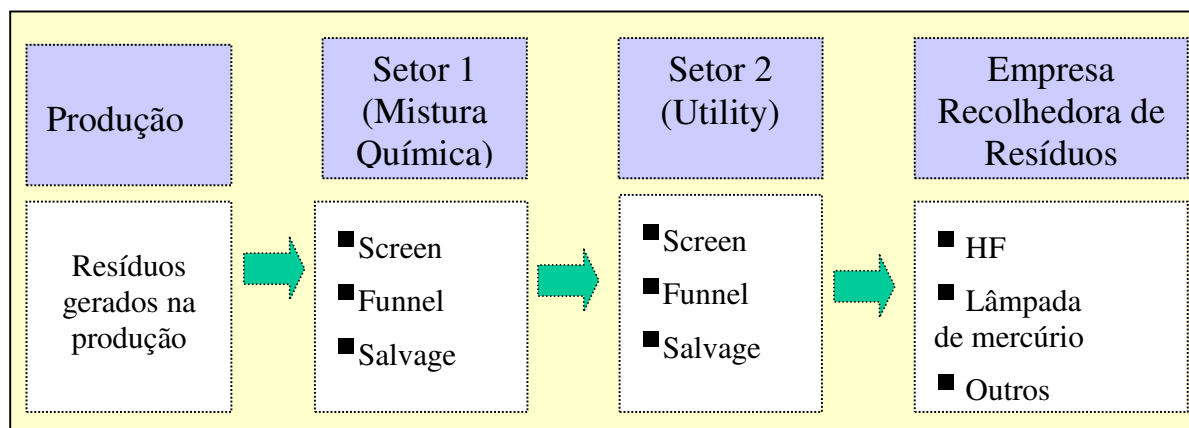
A etiqueta passou a ser um item de elevada importância. Além de ser apresentada a todos os funcionários, o seu uso e o porquê da importância em administrá-la, foi feito um levantamento nos recipientes com resíduos no mês de outubro de 2006 e observou-se que 65% das bombonas com resíduos estavam sem ou com alguma anormalidade no conteúdo preenchido na etiqueta. Desta forma, foi ratificado a todos os responsáveis no manuseio e preenchimento legível dos itens deste documento, ficando a cargo do responsável do setor 1 e setor 2 as verificações do preenchimento correto das etiquetas. Caso fosse encontrada alguma anormalidade, o setor imediato em recolher o produto avisaria ao setor fornecedor para solucionar o problema. A cada final de turno, o líder é obrigado a verificar se os recipientes estão todos etiquetados de forma correta e que o empilhamento deve está de acordo com o procedimento exigido na legislação.

#### **4.6.5 Transporte Interno/Externo e Destinação Final**

Os produtos químicos gerados pela produção desta empresa seguem esta sequência de transporte (Figura 2), até chegarem ao seu destino final.

1. Coleta do resíduo na produção;
2. Armazenamento no setor 1 (pátio do setor de Mistura Química);
3. Recolhimento de resíduo do setor 2 (área de Utility);
4. Empresa terceirizada 1 (lâmpada de mercúrio, de ácido fluorídrico e outros resíduos);
5. Empresa terceirizada 1 para empresa terceirizada 2 (ácido fluorídrico).

**FIGURA 2: Resumo do esquema de entrada e saída de materiais**



Os resíduos de solução de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio, assim como alguns outros produzidos por esta empresa, necessitam de um tratamento diferenciado em consequência dos riscos que podem causar ao meio ambiente para efetivar sua destinação final.

Até o meado do ano de 2006, esta empresa já trabalhava com uma outra empresa sob forma de terceirização para retirada de alguns resíduos que não poderiam ser tratados em suas dependências, por não ter como fazer tais tratamentos com um material apropriado e nem mão-de-obra qualificada para um destino final dos resíduos de ácido fluorídrico e lâmpada de mercúrio. Até porque seus custos aumentariam, conseqüentemente, com o tratamento desses produtos e também, assim, evitaria qualquer responsabilidade de causar algum dano ao meio ambiente.

As razões que levaram esta empresa a se preocupar em relação com a forma pela qual estava sendo conduzido o material recolhido, no caso os resíduos, foram a preocupação com o meio ambiente, pois para uma empresa que produz uma quantidade significativa e diversificada de resíduos químicos e que possui a certificação da ISO 14000, é preciso ter uma exigência não só internamente, mas também externamente (empresas terceirizadas coletoras de resíduos). Por isso, voltou-se a atenção para estas empresas que prestam tal tipo de serviço. Para isso, passou-se a fazer constantes observações e auditorias para ratificar que o meio ambiente e funcionários não estariam submetidos a nenhum risco com algum tipo de acidente. Desta forma, foi feito um levantamento e constatou-se uma série de irregularidades que deveria ser contornada pela empresa prestadora de serviço para continuar como fornecedora de mão-de-obra e de tratamentos de resíduos.

As melhorias ocorreram por meio através de checagens e auditorias-surpresa (mantido em contrato) e rotineiras na empresa que recolhe o resíduo de ácido fluorídrico. Com isso, uma série de

irregularidades foi evidenciada em relação a vários itens que poderiam comprometer o meio ambiente.

As irregularidades foram encontradas nos principais itens, no caso o transporte, kit de primeiros socorros, pessoas treinadas, armazenamento e acondicionamento e, por última, destinação final que ocorria dentro da empresa prestadora de serviço. Nesses itens abordados teria de se fazer uma melhoria de imediato, para evitar que ela não fosse punida, de acordo com o contrato firmado entre ambas as empresas.

No caso do transporte, foi verificado que não possuía condições ideais (Foto 9) estabelecidas pelas normas da ISO 14000 (NBR 13.221/94). Os caminhões estavam com carrocerias abertas e em estado de conservação duvidoso. Quanto ao kit de primeiros socorros, outro item que é exigido pela norma da ISO 14000 (NBR 13.221/94), em todas as inspeções feitas, eles não foram encontrados. Com isso, pôde-se verificar a magnitude do risco que, em caso de um acidente, que o meio ambiente estava acessível de contaminação; por isso, o uso desses recursos é imprescindível.

#### **FOTOS 9 e 10: Trabalhadores da empresa responsável pela coleta de resíduo**



Foto 9: Antes das ações.



Foto 10: Após as ações.

Assim como a não-existência dos kits de primeiros socorros era um problema evidente, o mesmo ocorria com o pessoal treinado para algum tipo de acidente com os resíduos que estavam sendo transportados. Com isso, foi exigido que as pessoas envolvidas no transporte dos resíduos de ácido fluorídrico, e outros de classe I, tivessem treinamentos de como proceder em caso de acidente, visto que essa exigência partiu após serem observadas as irregularidades anteriormente citadas.

O armazenamento de resíduos era de forma precária, pois as bombonas com esta solução estavam acondicionadas em lugares sem estruturas adequadas, sem proteção ao solo, ou seja, os recipientes estavam acomodados no “chão de barro”. Além dessas irregularidades, os recipientes com os resíduos de ácido fluorídrico estavam estocados a um determinado tempo sem as datas

definidas, ou seja, com o tempo as bombonas poderiam se romper e ocasionar contaminação ao solo podendo afetar o lençol freático ou o leito de algum igarapé mais próximo.

Para solucionar tal situação, a empresa prestadora de serviço em recolher esses resíduos foi notificada quanto às irregularidades verificadas, e com isso algumas providências foram tomadas. Para contornar a situação, foi determinado um prazo de duas semanas para a empresa terceirizada se ajustar de acordo com as exigências estabelecidas. No entanto, uma segunda empresa foi contratada pela já atual empresa prestadora de serviço para controlar os pontos que foram solicitados. Os controles passaram a ser exigidos de forma constante, por intermédio de auditorias frequentes. Sendo que este item passou a ser um requisito nas auditorias da ISO 14000. Com isso, a equipe responsável pelos resíduos passou a acompanhar de forma coesa e eficiente (Foto 10), fazendo com que o risco de acidente ao meio ambiente diminuísse de forma significativa.

O resíduo da solução de ácido fluorídrico é tratado e reaproveitado para outros fins industriais. O mesmo processo, porém, não foi feito com a lâmpada de mercúrio, pois ainda elas não têm uma destinação final. Por isso, este material se encontra armazenado em local reservado da empresa, por ocupar pouco espaço e uma quantidade não tanto significativa. Sendo que a prestadora de serviço em recolher resíduos encontrou uma solução para a destinação final de produto, porém ela está instalando equipamento apropriado para solucionar este problema. Compromete-se ela em fazer a destinação final desse material, enviando para uma empresa no Estado de São Paulo, a mesma que recebe o material proveniente das lâmpadas fluorescentes.

#### **4.7. Técnicas de Melhorias para Redução de Defeitos e de Resíduos**

A empresa em estudo tem como formas corretivas para geração de melhoria, a curto, médio e longo prazos, projetos com técnicas Seis Sigmas e TPM. Essa primeira metodologia está sendo usada desde do ano de 2002, sendo que a segunda é trabalhada desde a implantação da empresa. Com isso, foram adotados vários projetos Seis Sigmas e de TPM voltados justamente para melhorar a qualidade dos produtos e conseqüentemente redução de produção de resíduos de ácido fluorídrico.

Os projetos tiveram inícios em junho de 2006 e finalizados em janeiro deste mesmo ano. Assim que foram identificados os principais pontos (Fase Measure), onde ocorria a maioria dos defeitos, passou-se, então, para a fase de comprovação estatística (Fase Analyse) e só então foram

executadas (Fase Improve). Para manter a continuidade de qualidade, adotou-se o controle (Fase Control). Desta forma, os projetos elaborados (Aumento da Eficiência do Processo de Black Matrix e o Processo Slurry) contribuíram significativamente para redução do consumo de ácido fluorídrico.

A execução dos projetos Seis Sigmas e ferramenta TPM foram fundamentais, pois por meio dela, pode-se fazer melhorias nas aplicações da solução de ácido fluorídrico, pois esta solução é fundamental para o equilíbrio da produção com qualidade, uma vez que algumas alterações podem resultar em sérios problemas na eficiência da produção de tubos de imagens.

Como no processo Black Matrix ocorre a aplicação de ácido fluorídrico e a geração de resíduos desta mesma solução, entendamos como se comporta cada posição para aplicação da ferramenta de TPM.

O trabalho usando a ferramenta TPM dava-se em paralelo com os projetos Seis sigma dos processos de Black Matrix e Slurry. As equipes, porém, estavam sempre trabalhando em conjunto para discussão de idéias e melhorias.

Intermédio do gerenciamento de resíduo feito pelo gerenciamento do setor, a cada mês era feita uma análise dos dados no setor Screen, para ratificar que as ações estavam sendo feitas e os resultados estavam sendo alcançados.

Uma das principais ações, além da redução de defeitos no setor Screen, utilizando tanto a metodologia Seis sigma como as ferramentas TPM, foram as mudanças das posições da área de lavagem da mesa de resist (posição de aplicação de água e solução de ácido fluorídrico).

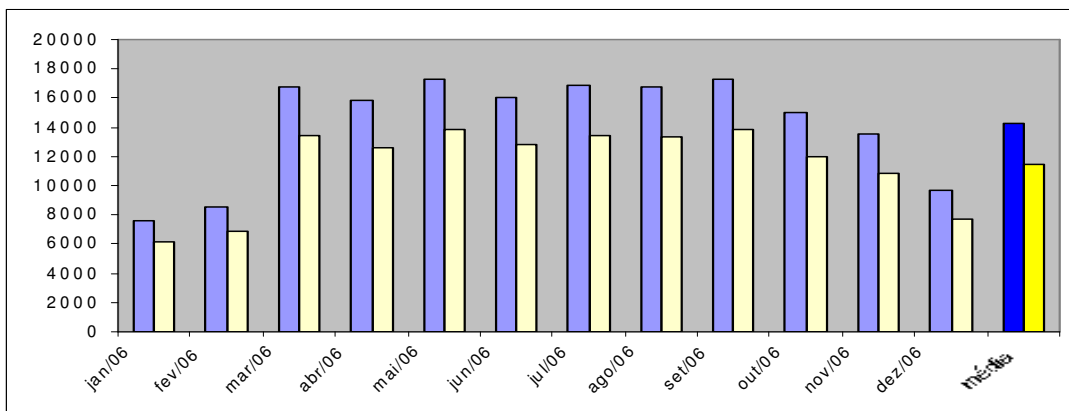
Nas posições 4, 6 e 9 (máquina de solução de resist), onde era aplicada água filtrada à pressão de 8 kgf/cm<sup>2</sup>, ela foi modificada para uma pressão de 35 kgf/cm<sup>2</sup>. Com essa nova especificação, passou-se a lavar mais internamente o panel (parte do vidro frontal do cinescópio) desagregando impurezas e uma parte da camada de alumínio (quando o panel era defeito no processo de aluminizing), evitando menos partículas à solução de ácido fluorídrico.

Na posição da lavagem com soda cáustica, a temperatura especificada era de 50°C, porém percebido que aumentando ainda mais essa temperatura, a camada de grafite se desprendia quase que totalmente evitando, assim, contaminar a solução de ácido fluorídrico. No ano de 2006 a

produção da solução de ácido fluorídrico teve o processo de Black Matrix como principal produtor, em 82%, de todo resíduo gerado nesta empresa.

O Gráfico1 mostra a quantidade de solução de ácido fluorídrico produzido em 2006 (de janeiro a dezembro).

**GRÁFICO 1: Produção mensal de resíduo de solução de ácido fluorídrico no ano de 2006, na empresa pesquisada**

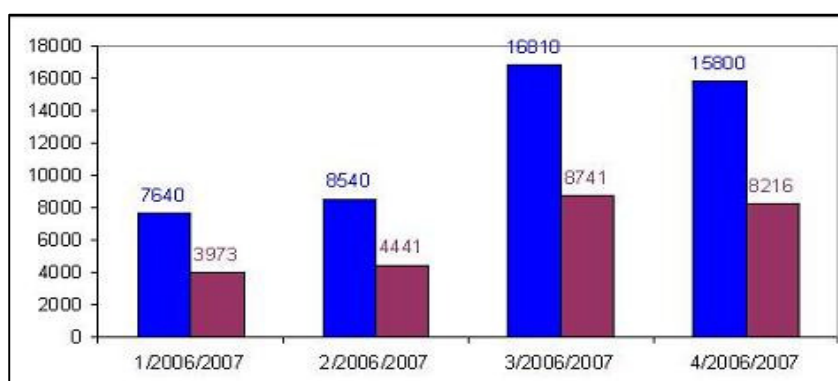


- Qde. Total de HF mensal produzido na empresa
- Qde. Total de HF mensal produzido no processo de Black Matrix

**Fonte:** Setor Utility.

Com essas duas ações tomadas (TPM) e com as melhorias em relação aos defeitos (projetos Seis Sigmas) que acarretavam retrabalhos, o resíduo da solução de ácido fluorídrico passou a diminuir consideravelmente após a implantação das ações corretivas, como mostra o Gráfico 2.

**GRÁFICO 2: Produção de ácido fluorídrico, em comparação aos anos de 2006/2007 (janeiro a março)**



- Ano 2006
- Ano 2007

**Fonte:** Setor Screen.



Verificando a comparação entre os quatro primeiros meses do ano de 2006 com os do mesmo período de 2007, o processo de Black Matrix conseguiu reduzir a produção de resíduo de ácido fluorídrico, em média de 48% (os outros setores: Funnel e Salvage não foram alterados), ou seja, com a melhoria do setor Screen (pelos projetos) de 96,5 para 98,5% de eficiência total (% de eficiência do processo de Black Matrix **X** % de eficiência do processo Slurry **X** % de eficiência do processo de Aluminizing **X** % de eficiência do processo de Inner Shield)/100.

## CONCLUSÕES

Os estudos na empresa-alvo desta pesquisa tiveram como principais objetivos investigar as principais causas que os resíduos de ácido fluorídrico e a lâmpada de mercúrio poderiam ocasionar de maneira prejudicial à população, como também ao meio ambiente e conseqüentemente à sociedade como um todo. Além do que, o fator segurança está diretamente relacionado com a saúde do trabalhador, este, por sua vez, teve uma atenção especial, pois o interesse dessa companhia era justamente tratar os resíduos de forma correta, a fim de que esta operação não acarretasse nenhum dano à saúde do trabalhador. Para isso, foram desenvolvidas algumas técnicas de acordo com as condições possíveis de se alcançar, tendo sempre em consideração os custos, que não poderiam ultrapassar o valor especificado. Em decorrência disso, uma equipe de profissionais de diversas áreas (engenharia, produção, meio ambiente, SESMT) foi formada para estudar e efetivar o gerenciamento dos resíduos classe I anteriormente citados.

Foi verificado, no decorrer dos estudos, que esta empresa apresentava algumas deficiências no controle de resíduos dos seguintes itens: manuseio, coleta, armazenamento, acondicionamento, transporte e destinação final. Desta forma, houve a necessidade de melhorias contínuas para corrigir alguns equívocos que vinham ocorrendo. Como se trata de dois resíduos classe I, o melhoramento das técnicas de manuseio foi indispensável aos operadores. Por meio de palestras, treinamento e conscientização, iniciou-se um trabalho de estruturação e educação junto aos operadores. Desta forma, a empresa obteve resultados positivos tanto no gerenciamento dos resíduos como na segurança do seu quadro pessoal.

Um outro aspecto importante, que foi tratado neste estudo, está relacionado diretamente com o meio ambiente, pois, apesar desta empresa vir operando de forma responsável para evitar qualquer contaminação ou impacto ambiental, percebeu-se a necessidade de melhorar a estrutura, para que fosse evitado um possível acidente.

Para que houvesse um melhoramento em termos de redução de resíduos de ácido fluorídrico, o setor de Screen aperfeiçoou e trabalhou algumas técnicas da ferramenta da qualidade em busca de melhorar a qualidade. Para isso, as metodologias Seis Sigmas, TPM, FMEA, etc. foram de grande importância para um gerenciamento eficaz.

Com os funcionários trabalhando com segurança, administrar os resíduos se tornou mais eficaz como, também, o seu manuseio, que envolve desde a coleta até a destinação final. O presente estudo, porém, mostrou problemas, causas e soluções; buscando, assim, critérios inovadores para um gerenciamento efetivo, dinâmico e lógico que deve ser cada vez melhorado no decorrer das circunstâncias necessárias.

## REFERÊNCIAS

ANDEF – 2000 <<http://www.andef.com.br/epi/risco.htm>> Acesso em 26 de abril 2007.

CUNHA, Carlos Jorge – **Departamento de Química, Universidade Federal do Paraná** – O Programa de Gerenciamento dos Resíduos Laboratoriais do Departamento de Química da UFPR, 10 páginas, 2000.

Gerenciamento de Resíduos (2005) – **Cartilha Explicativa para Preenchimento das Planilhas do Levantamento Passivo**, Disponível em: <[www.cgu.unicamp.br/residuos/cartilha](http://www.cgu.unicamp.br/residuos/cartilha)> Acesso: 02 out 2006.

NUNES, Mariluce Dias. **Resíduos Sólidos: estudo de caso sobre a percepção de lixo apresentada pelos moradores da microbacia do Igarapé do Quarenta**. Manaus: Ufam, 2003, 67 páginas. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Faculdade de Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, 2003.

**Site Portal Ambiental – Resíduos – Efeitos Tóxicos do Mercúrio (Hg) (2006)**, Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>> Acesso em 03 outubro 2006.

UNIFESP – HSP, **Procedimentos de Segurança no Manuseio dos Resíduos Químicos**. Disponível em: <[http://www.unifesp.br/reitoria/residuos/novo/download/proced\\_inter.pdf](http://www.unifesp.br/reitoria/residuos/novo/download/proced_inter.pdf)> Acesso em 2 outubro 2006.