**As Baterias de Chumbo e o Meio Ambiente**

A **bateria de chumbo-ácido** foi inventada por Gaston Planté em 1860 (Planté, 1860), período que remonta aos primórdios das células galvânicas. Durante estes 141 anos esta bateria sofreu aprimoramentos tecnológicos os mais diversos possíveis, fazendo com que a bateria de chumbo-ácido continue sendo uma das baterias mais confiáveis do mercado, atendendo a aplicações as mais diversas. Ela é usada como bateria de arranque e iluminação em automóveis, como fontes alternativas em no breaks, em sistemas de tração para veículos e máquinas elétricas, etc.

A composição básica da bateria é essencialmente, chumbo, ácido sulfúrico e materiais plásticos. O chumbo está presente na forma de chumbo metálico, ligas de chumbo, bióxido de chumbo e sulfato de chumbo. O ácido sulfúrico se encontra na forma de solução aquosa com concentrações variando de 27% a 37% em volume. O funcionamento da bateria se baseia na seguinte reação:

Pb + PbO2 + 2H2SO4 → 2PbSO4 + 2H2O

que é por sua vez é resultado das duas semi-reações:

Pb + H2SO4 →  PbSO4 + 2H+ +  2e–

PbO2 + 2H+ + H2SO4 + 2e- → PbSO4+ 2H2O

Sendo assim, na bateria existe um ânodo de chumbo e um cátodo de bióxido de chumbo. Durante a descarga tanto o ânodo quanto o cátodo são convertidos à sulfato de chumbo. No processo de recarga o sulfato de chumbo é convertido à chumbo e bióxido de chumbo, regenerando o ânodo e o cátodo, respectivamente. Nas baterias automotivas atuais, este material é suportado em grades de ligas de chumbo.

O chumbo tem sido utilizado pelo homem desde a antiguidade. Já era conhecido pelos antigos egípcios, tendo sido mencionado diversas vezes no Antigo Testamento (Mellor, 1967). Era utilizado na fabricação de manilhas, tintas e cosméticos. Até tempos recentes, foi utilizado em: tubulações de água, revestimento de cabos elétricos, chapas para pias, tintas, vidros, projéteis bélicos, baterias, combustíveis, etc. No entanto, a descoberta de que o chumbo e seus derivados são danosos à saúde, fez com que seu uso fosse reduzido drasticamente, sendo hoje sua principal aplicação em baterias de chumbo-ácido.

**Processo de criação e o meio ambiente**

O chumbo e seus compostos estão associados a disfunções no sistema nervoso, problemas ósseos, circulatórios, etc  Devido sua baixa solubilidade, a absorção se dá principalmente por via oral ou respiratória. Crianças são mais suscetíveis à problemas de contaminação por causa da relação contaminação/peso como também por estarem em fase de desenvolvimento do sistema neurológico e pelos hábitos de higiene pouco sedimentados. O chumbo se encontra na natureza acumulado em minas como resultado dos processos de diferenciação que ocorreram durante a evolução do planeta.

Sua disseminação no ambiente é resultado da atividade humana. Durante muitos anos foram utilizados compostos de chumbo em tintas, tubulações e como antidetonante em combustíveis, usos estes banidos em praticamente todos os países. Seu uso em tubulações foi muito frequente em tempos passados devida à fácil processabilidade do chumbo associada à passivação de sua superfície (formação de camada inerte e resistência à corrosão) uma vez que boa parte de seus compostos são altamente insolúveis em água. O emprego como pigmento em tintas leva à contaminação de crianças que têm o hábito de caminhar pelo chão e eventualmente ingerir cascas de tintas que se soltam naturalmente das paredes. Como antidetonante (chumbo tetraetila) foi disseminado na atmosfera urbana em grandes quantidades durante muitos anos. Caçadores e pescadores são basicamente os únicos usuários fora de indústrias que ainda se expõem ao contato comchumbo.

Como já foi mencionado o principal uso de chumbo nos dias atuais é na fabricação de baterias de chumbo-ácido. Quando se discute o impacto ambiental desta atividade, deve-se levar em consideração desde a extração de chumbo nas minas até sua utilização na indústria. O Brasil praticamente não possui reservas minerais deste elemento. Assim, a maior parte do chumbo existente no país procede de importações.

O chumbo utilizado pela indústria de baterias pode ser classificado como primário (proveniente de minas) e secundário (obtido pelo refino através de material reciclado). Um dos bens com maior índice de reciclagem no mundo é a bateria de chumbo, superando em muito o papel e o vidro, atingindo em alguns  países números próximos a 100%. Neste contexto, a sucata de baterias é um material estratégico para a indústria de baterias no Brasil. A Convenção de Genebra proíbe a exportação de lixos perigosos, incluindo-se aí sucatas de baterias. Para um país como o nosso isso significa que para aumentarmos nossa produção, somos obrigados a importar chumbo refinado (primário ou secundário). Apesar de contarmos com instalações de reciclagem, por força desta Convenção, elas praticamente são impedidas de reciclar sucata internacional.

**A questão ambiental e o desenvolvimento tecnológico**

O efeito da produção de baterias sobre o ambiente pode ser dividido em dois aspectos: ocupacional, devido à contaminação do ambiente interior à fábrica e ambiental, devido à emissão de efluentes para as regiões externas à fábrica.

O risco de exposição a compostos de chumbo no interior das fábricas de baterias existe em praticamente todos os setores diretamente ligados à produção. Com isto, em praticamente todos os setores o uso de equipamento de proteção individual é obrigatório. Além disto, por questões da legislação trabalhista um acompanhamento do nível de chumbo na circulação sanguínea é realizado periodicamente em todos as pessoas que trabalham com chumbo. Para um melhor entendimento destes riscos, vejamos o fluxograma de produção: O chumbo metálico em lingotes praticamente não apresenta risco de contaminação. Em sua primeira etapa, a produção de óxido de chumbo, surgem aspectos aonde a relação tecnologia/meio ambiente é evidenciada. O processo de produção de óxido de chumbo à partir de chumbo metálico e oxigênio é extotérmico e em princípio, não deveria consumir energia.

Existem basicamente dois processos para a realização desta oxidação. No processo Barton, chumbo fundido é agitado na presença de ar. Em moinhos de atrito, pedaços de chumbo são atritados em um tambor, na presença de ar. As características físico-químicas dos óxidos obtidos pelos dois processos são distintas, cada uma apresentando suas vantagens e desvantagens. Os europeus utilizam mais frequentemente o óxido de atrito, enquanto que os americanos empregam o óxido de Barton. Como o chumbo precisa ser fundido neste processo, existe um custo adicional de energia e a emissão de vapores de chumbo que necessitam ser contidos em coifas. O isolamento térmico do cadinho aonde o chumbo é fundido é fundamental para uma eficiência energética do processo. Os dois processos resultam em um pó que necessita ser corretamente armazenado. Este pó possui uma fração apreciável de chumbo não oxidado, e portanto é um material sujeito a posterior oxidação no ambiente.

Do ponto de vista ambiental, o transporte desse material aumentava o risco de exposição a chumbo. O óxido de chumbo é um pó e portanto pode ocorrer na atmosfera na forma de partículas suspensas e de poeira espalhada pelo piso. O uso de silos de armazenagem é comum em diversas fábricas no mundo inteiro existindo diversos sistemas disponíveis no mercado. Das características físico-químicas do óxido depende toda a sequência de processos seguintes, que irão determinar em última instância, o desempenho do produto final: a bateria.

A etapa seguinte é o processamento deste óxido. Na masseira, o óxido de chumbo é transformado em uma massa que será aplicada sobre as grades de chumbo. O óxido armazenado nos silos é pesado automaticamente e transferido para a masseira sem contato com o operário. Isto torna o processo mais confiável e minimiza os riscos de contaminação. A massa é manuseada por operadores de empastadeira e neste setor além de máscara é obrigatório o uso de luvas. As placas obtidas nesse processo são acondicionadas pelos operários em cavaletes que são transportados por empilhadeiras para estufas de cura e secagem. Em todo este setor, nos postos de trabalho existem coifas exaustoras para aspiração contínua de pó para minimizar a exposição do operário a compostos de chumbo. Este pó é filtrado e o ar emitido é isento de chumbo. Como o transporte de placas leva inevitavelmente à dispersão de pó no piso da fábrica, a mesma é varrida e aspirada continuamente. A lavagem do piso também é um procedimento frequente.

A produção de grades de chumbo é feita por fundição e à gravidade. Ou seja, o chumbo fundido escorre para os moldes que são resfriados. Aqui novamente, a emissão de vapores é uma fonte de contaminação, minimizada pelo resfriamento ambiente dos mesmos.

A próxima etapa, o processamento das placas, é realizada com exaustão para aspiração dos pós liberados. Existem ainda alguns pontos aonde vapores de chumbo são emitidos (fabricação de conexões e levantamento de bornes), mais uma vez controlados com exaustão e resfriamento.

Todo o pó, massa, lama produzido no interior da fábrica têm essencialmente dois destinos: filtros e tanques. Os filtros devem ser limpos periodicamente e os tanques, decantados. Todo o material sólido assim obtido é encaminhado à metalúrgica para reciclagem.

O segundo rejeito mais importante da fábrica é o ácido sulfúrico. Ele é empregado na produção de massa, na formação das baterias e no acabamento. Todo o ácido é recolhido e neutralizado antes de ser descartado como efluente. Para a produção de baterias seladas o controle de impurezas dos componentes é bastante rígido, apesar disto, a empresa conseguiu adotar um sistema de reaproveitamento de soluções de ácido sulfúrico que anteriormente era perdido como rejeito através de um monitoramento constante dos níveis de contaminação nos estoques de ácido, sem alteração das tolerâncias nas especificações de impureza. Este procedimento minimiza custos e permite que menos efluentes sejam produzidos.

A fábrica deve possuir um sistema de drenagem onde todo líquido em seu interior (incluindo águas pluviais) é direcionado para tanques de decantação e neutralização. A decantação remove partículas sólidas contendo compostos de chumbo (principalmente óxidos e sulfatos). A neutralização reduz a acidez e abaixa a solubilidade de compostos de chumbo resultando em um efluente praticamente isento de chumbo. Existem basicamente duas opções para neutralização: com sonda cáustica e com cal. No primeiro processo o subproduto é sulfato de sódio enquanto que no segundo é sulfato de cálcio. Em ambos, alguns hidróxidos também são formados, incluindo-se aí hidróxido de ferro originário dos diversos equipamentos e instalações. Todo esse efluente é jogado em lagoas de decantação. Como ainda não foi encontrado uso comercial para os subprodutos sólidos, eles são acondicionados em aterros apropriados. No caso específico, como o custo da cal é bastante inferior ao da soda cáustica, a primeira vem sendo empregada.

Para que a empresa se certifique segundo esta norma a mesma deve estabelecer um rígido sistema de controle de emissões, e passar por um processo de auditoria.

A motivação para esta certificação é dupla: a melhoria da qualidade ambiente no interior da fábrica (de forma indireta) e uma conformidade com a legislação ambiental. Isto resulta indiretamente em maior aceitação do produto no mercado, tanto por parte dos consumidores finais, como por parte dos clientes industriais (montadoras de veículos, por exemplo). Como foi dito anteriormente, a empresa detém quase todo o ciclo fabril: produção de chumbo, caixas plásticas e baterias. Os únicos componentes que não são produzidos pela própria empresa são separadores de polietileno, empregados para separar  o ânodo do cátodo.

**Reaproveitamento de sucatas**

Este processo, que no passado era feito manualmente, atualmente é feito de forma automática. As sucatas de baterias são quebradas e passam por um processo de separação baseada na densidade: o material e flotado: os compostos de chumbo são separados da matéria plástica e o efluente líquido é neutralizado. O material plástico é reaproveitado na fábrica de caixas e tampas e o material contendo compostos de chumbo segue para o refino. Como na fábrica de baterias, todo efluente é contido no interior da planta e redirecionado para uma estação de tratamento de efluente que essencialmente faz a neutralização e decantação do mesmo. O resíduo sólido consiste em sua quase totalidade de sulfato de cálcio. Não existe processo de reciclagem com 100% de reaproveitamento.

No caso da metalúrgica, existe como subproduto a escória. Esta escória poderá ser mais ou menos rica em chumbo, dependendo da eficiência do processo. Atualmente, esforços estão sendo direcionados para a obtenção da chamada escória verde: escória com mínimo teor de chumbo e que poderia ser reaproveitada em outros processos industriais (por exemplo, pavimentação), sem a necessidade de ser contida em aterros específicos. Com a crescente conscientização por parte da sociedade de que os processos industriais necessitam ser ecologicamente corretos, as indústrias para sua própria sobrevivência, têm procurado soluções as mais diversas para seus problemas específicos. Na fabricação de baterias de chumbo-ácido que manuseia rotineiramente toneladas de um elemento tóxico, o chumbo, foram encontradas soluções que permitem colocar no mercado um produto com elevada qualidade e sem riscos ambientais.