

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

VI-014 – MONITORAMENTO DE SOLO EM TORNO DE UMA FÁBRICA DE BATERIAS AUTOMOTIVAS

Flávia de Vasconcelos Figueiredo⁽¹⁾

Engenheira Civil e de Segurança do Trabalho pela Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP. Mestranda em Engenharia Industrial pela Faculdade de Engenharia de Bauru – UNESP. Engenheira da CETESB nas ações de controle ambiental.

Jorge Hamada

Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP. Prof. Assistente Doutor do Depto. de Engenharia Civil. Engº. civil, mestrado e doutorado em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP, pesquisador e consultor na área ambiental especialmente para manejo de resíduos sólidos. Coordenador do Grupo de Estudos de Resíduos Sólidos da Unesp - Bauru.

Endereço⁽¹⁾: Rua Charles Lindenberg, Quadra 1/ Número 45/ apto 41 - Jd. Europa – Bauru – SP – CEP 17017-420 – Brasil – Tel.: (14) 3214 33 82

e-mail: flavia.v.f@uol.com.br

RESUMO

Riscos de contaminação ambiental são inerentes à atividade de fabricação de baterias. Sendo, assim, é necessário controle rigoroso de seus efluentes atmosféricos e líquidos, além dos resíduos sólidos gerados. De acordo com a evolução dos conceitos são aprimorados os controles ambientais realizados nestes tipos de indústrias. Assim, até bem pouco tempo, atenção maior era dispendida para o controle das emissões atmosféricas e líquidas. Atualmente tem sido dada grande atenção aos resíduos sólidos gerados e ao monitoramento do solo e das águas subterrâneas na área da indústria e em torno da mesma, visto que, mesmo com todas as emissões sob controle, há uma pequena parte que acaba dispersa no ambiente, constituindo um futuro passivo ambiental desta indústria.

O presente trabalho vem relatar o monitoramento de solo realizado em torno de uma indústria fabricante de baterias, levantando a importância na determinação dos pontos de coleta de amostras para obtenção de um retrato mais real do local, com relação aos parâmetros avaliados.

PALAVRAS-CHAVE: Monitoramento do Solo, Fábrica de Baterias, Chumbo.

INTRODUÇÃO

Segundo PRPIC-MAJUC et al. (1992 apud QUITÉRIO, 2001) tem sido observado que populações que residem nas proximidades de áreas industrializadas tendem a apresentar elevado nível de chumbo no sangue, quando comparadas com populações de áreas isoladas, refletindo o impacto da poluição ambiental do chumbo. Vários pesquisadores têm avaliado os efeitos desta exposição, particularmente em crianças e jovens, que são mais sensíveis a este metal. Estes estudos mostram que os efeitos adversos podem ocorrer em níveis de exposição antes considerados seguros. O que indica a necessidade do monitoramento biológico e ambiental ser realizado em tempo adequado.

Em torno de indústrias fabricantes de baterias ocorreram diversos casos de contaminação da população residente, por chumbo, tendo como causas prováveis a inalação de poeiras ou contato com o solo contaminado, dentre outras. Tendo em vista que já é prática usual a realização dos monitoramentos ambientais atmosféricos, sugere-se a realização de monitoramento das águas superficiais e subterrâneas, além de solo e vegetação.

Para tentar minimizar os riscos aos quais estão sujeitas as populações residentes próximas às indústrias fabricantes de baterias, sugere-se no mínimo a realização de monitoramentos ambientais de ar, água e solo, com frequências anuais.

Para monitoramento das águas superficiais deverão ser realizadas análises dos seus sedimentos e para as águas subterrâneas deverão ser instalados poços piezométricos de acordo com a norma da ABNT NBR 13.895.

Dentre os monitoramentos ambientais atmosféricos realizados tem-se as amostragens de chaminés, as amostragens em jarros e o amostrador de grandes volumes (hi-vol).

A amostragem de chaminés é o tipo de monitoramento ambiental atmosférico mais utilizado em fábricas de baterias. Talvez por ser de fácil mensuração, visto que as emissões de poluentes são tomadas a partir de pontos específicos (chaminés). Este monitoramento indica as emissões ocorridas de acordo com as condições nas quais opera a indústria no momento das medições.

Um outro monitoramento atmosférico que vem sendo bastante utilizado é o método de amostragem por jarros, nos quais é analisado o teor de chumbo na poeira sedimentável. Este método capta tanto emissões que possam ser provenientes das chaminés, visto que nenhum equipamento de proteção de poluentes é 100% eficiente, como as chamadas poeiras fugitivas, que são aquelas que, devido a um sistema de captação ineficiente, não são encaminhadas devidamente aos equipamentos de controle. Daí a importância do sistema de ventilação local exaustora. Este método apresenta como principal vantagem o baixo custo, mas deve ser dada uma atenção especial à locação dos pontos nos quais ficarão posicionados os jarros, pois estes devem estar nas direções preferenciais dos ventos e próximos das unidades industriais. Este método indica a deposição atmosférica ocorrida nos últimos 30 dias.

Outro monitoramento atmosférico que pode ser utilizado é o amostrador de grandes volumes (hi-vol), o qual aponta a presença de partículas inaláveis na atmosfera, que são aquelas em suspensão. Este método é indicado quando há presença de população próxima ao local. Recomenda-se a utilização deste monitoramento pelo período de um ano, para verificar as diferenças nas leituras de acordo com as mudanças climáticas.

Atualmente adota-se realizar o monitoramento de solo tanto na área interna como em torno das indústrias fabricantes de baterias. Estes monitoramentos apontam o histórico de emissões da indústria monitorada, para tanto deve-se ter especial cuidado com a escolha dos pontos a serem amostrados, os quais deverão considerar as direções preferenciais dos ventos ou outros dados históricos do local, como vazamentos de ácido sulfúrico e locais de estocagem de produtos ou matérias-primas, por exemplo. Para a coleta de amostras de solo é muito importante a determinação da profundidade mais adequada para a retirada de amostras, visto que os contaminantes tem comportamentos diferentes. Os metais apresentam baixa mobilidade, ficando normalmente retidos nas camadas mais superficiais do solo.

Segundo Paoliello, M. M. B. e Chasin, A.A M. (2001), o acúmulo do chumbo no solo ocorre principalmente em função da taxa de deposição atmosférica e o tamanho da partícula constitui um fator importante na determinação do transporte atmosférico do metal. Partículas grandes (diâmetro $> 2\mu m$) precipitam da atmosfera rapidamente e são depositadas relativamente próximas às fontes de emissão, enquanto que partículas pequenas podem ser transportadas a muitos quilômetros de distância. Características que devem ser observadas na determinação dos pontos a serem monitorados.

Por isso Abreu, C. A. et al. (1998) afirma em seu trabalho que a diferente distribuição espacial do Pb deve-se provavelmente à ação do vento, que carrega partículas do metal emitidas pela indústria.

Este trabalho pretende mostrar a importância da determinação dos pontos de coleta de amostras de solo em torno de uma indústria fabricante de baterias. Visto que pontos escolhidos sem uma metodologia específica podem levar a interpretações erradas. Para isto foi realizado monitoramento de solos em torno de uma indústria fabricante de baterias automotivas.

O desenvolvimento deste trabalho contou com o apoio e a participação da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB – SP).

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado o monitoramento de solos em torno de uma fábrica de baterias em uma cidade do estado de São Paulo. A indústria está localizada no distrito industrial, no entanto, próximo à mesma existe um bairro residencial.

Na determinação dos pontos considerou-se a distância destes até a indústria, bem como a direção dos ventos predominantes. Em seguida, utilizou-se o esquema de distribuição sistemática dos pontos de amostragem, com malha

circular.

Este modelo evita a coleta de amostras em pontos muito próximos. Segundo o Manual de gerenciamento de áreas contaminadas da CETESB (1999), a experiência e as considerações teóricas, mostram que na maioria dos casos a aplicação de uma malha regular com distribuição sistemática dos pontos de amostragem mais práticos gera um retrato detalhado da variação das propriedades do solo existentes no local. Tem como vantagem a facilidade de implantação no campo e a possibilidade de adensamento do número de pontos em que for necessário, por meio de uma amostragem direcionada.

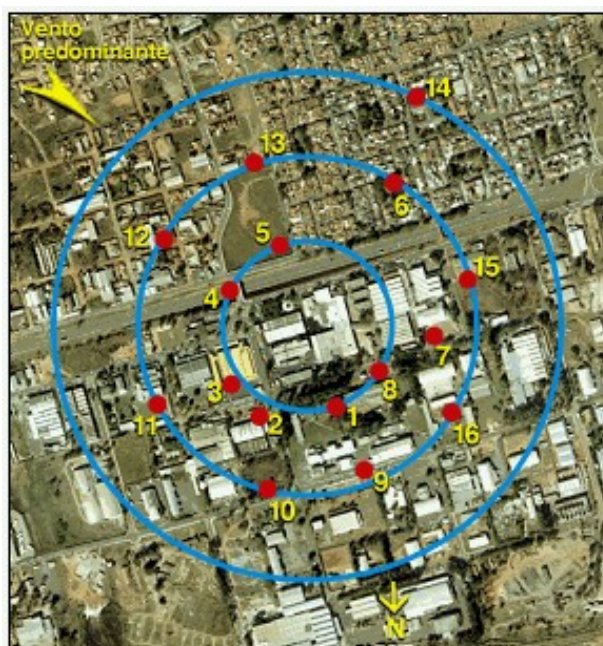
O esquema de distribuição sistemática dos pontos de amostragem evita a coleta de amostras em pontos muito próximos. Ainda de acordo com o Manual de gerenciamento de áreas contaminadas da CETESB (1999), ao planejar-se uma malha regular nem sempre é possível efetuar o ponto de amostragem no local predeterminado, devido à presença de obstruções, como estradas, construções, rochas, árvores, entulhos e utilidades (galerias, tubulações, etc.). Outro problema seria a constatação da ocorrência de aterros ou cortes recentes no ponto a ser amostrado. Nessas situações, a equipe de amostragem deve ser orientada a localizar o ponto de amostragem o mais próximo possível do previsto.

Uma malha circular (radial) fornece informações detalhadas a respeito da concentração máxima das substâncias no ponto de emissão dos contaminantes (centro da malha), da distribuição da contaminação e da forma da pluma de contaminação. Por outro lado, a irregularidade na densidade dos pontos de amostragem (diminui do centro para a periferia) nem sempre é adequada, e a distribuição dos pontos de amostragem é realizada em todas as direções sem levar em conta os mecanismos de disseminação dos contaminantes a partir da fonte principal. (CETESB,1999b).

As dimensões adotadas para a malha estão relacionadas ao nível de detalhe pretendido, que irá variar de acordo com o objetivo da amostragem (determinar a concentração média de determinada substância na área, localizar pontos isolados de contaminação ou delimitar a pluma de contaminação). A malha de pontos de amostragem pode ser orientada na direção do fluxo de dispersão dos poluentes, os quais, via de regra, seguem a topografia do local ou a direção predominante dos ventos. Estando determinados os parâmetros acima (orientação, densidade e forma da malha de amostragem), a seleção de um único ponto de amostragem servirá de base para a locação dos demais. (CETESB,1999b).

Nesse caso, por ser o primeiro monitoramento de solo realizado na área, procurou-se seguir a distribuição sistemática, considerando as direções dos ventos predominantes apenas para concluir sobre os resultados encontrados. Cabendo lembrar que a primeira direção predominante dos ventos no local é sudeste (vindo de sudeste e indo para noroeste) e a segunda direção predominante dos ventos no local é leste (vindo de leste e indo para oeste), conforme mostra a figura 1.

Figura 1: Localização dos pontos de coleta de amostras de solo



Foram coletadas amostras de solo em 16 (dezesseis) pontos na área em torno da indústria. Procurou-se determinar os pontos de coleta das amostras ao longo de duas circunferências com raio médio de 50 m e 100 m a partir dos limites da fábrica, nas direções dos oito pontos cardeais (ver Figura 1). Todas as amostras retiradas foram compostas e na

profundidade de 0 a 2 cm, visto a tendência dos metais se acumularem nesta camada superficial.

Devido à presença de diversas obstruções nos pontos a serem locados para a retirada de amostras, como a extensão da rodovia, grandes áreas impermeabilizadas e áreas mexidas recentemente, os pontos foram deslocados em relação àqueles previstos na consideração teórica para constituição de uma malha regular.

O ponto 14 foi locado a uma distância aproximada de 200 (duzentos) metros da indústria devido à existência de creche no local.

Após a determinação do local de retirada de cada amostra, foram selecionados 04 (quatro) pontos em torno deste, a distâncias máximas de 01 (um) metro, formando um quadrado em torno do primeiro ponto. Foram, então, retiradas as gramíneas da superfície, para evitar interferências nas análises laboratoriais. O solo coletado nos quatro pontos foi colocado em uma bandeja plástica, onde foi homogeneizado. A amostra foi separada em 03 (três) partes, sendo duas para análise pela indústria e pelo laboratório contratado e a terceira para análise pelo laboratório da CETESB.

As amostras foram colocadas em frascos plásticos, preservados com solução de ácido nítrico, e etiquetadas para posterior envio aos laboratórios. Para reduzir o risco de ocorrência de uma contaminação cruzada, entre a coleta de um ponto e outro, o material era lavado com água deionizada e solução de ácido nítrico 10%, sendo posteriormente enxaguado com água deionizada. (CETESB, 1999a)

RESULTADOS

Foi analisado o teor de outros metais nas amostras de solo, como o arsênio, antimônio, cádmio, cobre e zinco, pois estes participam do processo industrial de forma direta ou indireta. No entanto o escopo deste trabalho são os resultados das análises das amostras, obtidos para o parâmetro chumbo, visto que são o termômetro de alguma inconformidade ambiental que esteja ocorrendo. Os métodos de análise laboratoriais foram baseados na 20ª edição do "Standard Methods" e na norma EPA/SW-846 – Method 3051. Os resultados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Teores totais de metais obtidos nas amostras de solo analisadas.

Ponto\ Parâmetro (mg/kg)	Sb	As	Cd	Pb	Cu	Zn
1	2,98	1,5	< 0,70	< 50	< 5,00	5,34
2	1,18	1,11	< 0,70	79,9	10,3	20,4
3	< 0,20	1,17	< 0,70	112	6,79	45,2
4	0,63	1,25	< 0,70	81,4	< 5,00	21,2
5	0,32	1,16	< 0,70	< 50	< 5,00	6,22
6	< 0,20	0,97	< 0,70	< 50	< 5,00	10,9
7	0,55	1,13	< 0,70	113	< 5,00	23,9
8	1,78	1,66	< 0,70	232	5,41	19,5
9	< 0,20	< 0,20	< 0,70	< 50	5,37	28,7
10	0,29	< 0,20	< 0,70	< 50	< 5,00	15,4
11	< 0,20	< 0,20	< 0,70	81,4	11,8	54,9
12	< 0,20	< 0,20	< 0,70	108	7,19	20,7
13	< 0,20	< 0,20	< 0,70	53	16,5	15,3
14	< 0,20	< 0,20	< 0,70	< 50	10,1	51,2
15	1,65	< 0,20	< 0,70	1080	64,1	919
16	1,10	< 0,20	< 0,70	179	332	151
Valor de Alerta	2	15	3	100	60	300
Valor de Intervenção	25	100	40	1200	700	1500

Os pontos 3, 7, 8, 12, 15 e 16 apresentaram teores de chumbo superiores ao valor de alerta estabelecido pela CETESB para solos do estado de São Paulo. Segundo o Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo (CETESB, 2001), o valor de alerta foi estabelecido com base em risco e no conceito de prevenção à contaminação, de modo a evitar que o solo transforme-se em área contaminada. O valor de alerta indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos e águas subterrâneas e quando excedido, há um potencial poluidor para esses meios, devendo ser exigido um monitoramento, e efetuado um diagnóstico de qualidade, identificando e controlando as possíveis fontes de contaminação, de modo a cessar o aporte de poluentes.

Os demais pontos apresentaram valores inferiores ao limite de detecção (LD) utilizado para as análises laboratoriais e, apenas dois pontos indicaram alteração na qualidade do solo, porém os valores foram ainda inferiores ao valor de alerta.

Os pontos 7, 8, 15 e 16 estão na direção do vento predominante e à jusante da indústria, indicando que o chumbo possivelmente foi proveniente das atividades da indústria e transportado pela ação do vento. Não se deve descartar a possibilidade de existência de outras possíveis fontes de contaminação por chumbo, fato este que deverá ser investigado por ocasião da avaliação confirmatória.

O ponto 3 está localizado em área vizinha à indústria, sugerindo a ação de um vento não predominante. Já o ponto 12, está localizado do outro lado da rodovia, na direção oposta aos ventos dominantes, em bairro residencial, com ruas não impermeabilizadas. Tal descrição sugere uma maior atenção, apesar do ponto não estar na direção preferencial dos ventos, visto que há uma população que pode estar exposta e que as ruas não são impermeabilizadas. Como comentado no item anterior, não deve ser descartada a possibilidade de existência de outras possíveis fontes de contaminação por chumbo.

Com relação aos resultados obtidos para o arsênio, a maioria das amostras apresentou teores inferiores ao limite de detecção usado (LD). As demais amostras apresentaram teores inferiores ao valor de alerta estabelecido para o parâmetro.

O cádmio apresentou, em todas as amostras, teores inferiores ao limite de detecção usado (LD).

O antimônio apresentou teores inferiores ao valor de alerta estabelecido para o parâmetro, exceto para uma amostra, cujo teor encontrado foi próximo ao valor de alerta.

Os teores encontrados para cobre e zinco no ponto 15 indicam que o chumbo pode estar atuando como elemento de transporte para estes metais. O ponto 16 também apresentou teor superior ao valor de alerta estabelecido para o parâmetro, sugerindo a investigação de atividades passadas realizadas no local. Os demais pontos apresentaram teores inferiores aos valores de alerta estabelecidos para estes parâmetros.

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

As maiores concentrações de chumbo foram encontradas na direção do vento predominante e à jusante da indústria. Indicando, assim, a importância na determinação dos pontos nos quais serão coletadas as amostras de solo, levando em consideração as direções dos ventos predominantes na região.

Particularmente, na fase da investigação preliminar esta consideração é muito importante, visto não existirem dados de outros monitoramentos realizados que possam orientar a escolha dos pontos a serem amostrados.

Estudos de dispersão atmosférica auxiliariam na determinação dos pontos de coleta de amostras.

Pontos de coleta de amostras de solo determinados sem critério algum podem levar a interpretações erradas, acreditando-se que fontes potencialmente poluidoras estão com suas emissões sob controle.

Para minimizar a dispersão de poluentes pela ação dos ventos, recomenda-se a adoção de cortinas vegetais.

Não deve ser descartada a possibilidade de ocorrência de outras fontes de poluição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, C. A. et al. Distribuição de chumbo no perfil de solo avaliada pelas soluções de DTPA e MEHLICH-3. *Bragantia*, V. 57 , n. 1, 1998.
2. CETESB. Procedimento de amostragem de solos para análise de metais, para avaliação da qualidade, 1999.
3. CETESB. Manual de gerenciamento de áreas contaminadas – Projeto CETESB – GTZ, 1999.
4. CETESB. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo, 2001.
5. CETESB. Boletins de análises laboratoriais, 2003.
6. Paoliello, M. M. B; Chasin, A.A M. Ecotoxicologia do chumbo e seus compostos. Cadernos de referência ambiental V.3, 144p. , Salvador, 2001.
7. QUITÉRIO, S. A. et al. Uso da poeira e do ar como indicadores de contaminação ambiental em áreas circunvizinhas a uma fonte de emissão estacionária de chumbo. Caderno de Saúde Pública, V. 17, n. 3, 2001.