

# EXEMPLO DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL INICIAL EM INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS <sup>1</sup>

*Adrian Boller<sup>2</sup>  
Fernando Peterson Delatorre<sup>3</sup>  
José Carlos Branco Assunção<sup>4</sup>  
Olyverson Lyra Porto<sup>5</sup>*

## **Resumo**

Objetivos: O Objetivo deste trabalho é apresentar um exemplo prático de aplicação de método para diagnóstico ambiental e levantamento de passivos ambientais em área industrial ocupada por indústria de autopeças. O eixo central do trabalho é a apresentação do método de investigação em si e não dos resultados específicos obtidos a partir dela. Base Metodológica: A definição de escopos de trabalho voltados a diagnósticos ambientais em áreas onde se desenvolvam atividades industriais é intimamente vinculada à natureza dos processos que ocorrem e que ocorreram durante a história de sua ocupação. Para o caso em tela, foi inicialmente aplicado método de caracterização de contextos, mais especificamente do histórico da ocupação da área, dos processos industriais nela desenvolvidos durante toda a sua ocupação, bem como da natureza da ocupação do entorno. Uma vez caracterizados os contextos, foram definidos preliminarmente grupos de substâncias e compostos com potencial indutor de contaminação ambiental. No caso apresentado os principais grupos foram: Hidrocarbonetos Alifáticos (BTXE); Hidrocarbonetos Clorados; Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) e Metais. A investigação baseou-se na coleta de amostras de solo, instalação de poços de monitoramento para coleta de água subterrânea e ensaios hidrogeológicos, bem como na análise química dessas amostras. De posse das informações sobre os contextos e resultados relativos às etapas de coleta de dados e análises laboratoriais, foi elaborado um diagnóstico ambiental, que partiu da distribuição dos compostos analisados nos solos e águas subterrâneas, passou pela identificação dos impactos a eles associados e chegou às recomendações quanto às ações futuras a serem tomadas.

**Palavras-chave:** Diagnóstico ambiental, Contaminação, Hidrocarbonetos.

<sup>1</sup> 60º CONGRESSO ANUAL DA ABM (Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais), de 25 a 28 de julho de 2005, em Belo Horizonte.

<sup>2</sup> *Biólogo, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*

<sup>3</sup> *Geólogo, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*

<sup>4</sup> *PHD, Geólogo, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*

<sup>5</sup> *Engenheiro Geólogo, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*

## 1 INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Este trabalho apresenta um exemplo prático de trabalho voltado à elaboração de diagnóstico ambiental preliminar, realizado pela ANGEL Geologia e Meio Ambiente em área onde opera indústria de autopeças.

O objetivo principal do trabalho foi o de fornecer à indústria, informações de caráter preliminar sobre a qualidade do solo e da água subterrânea do local onde ela opera, do ponto de vista dos eventuais impactos ambientais que possam ter sido provocados pelos processos industriais por ela adotados, pelas atividades pretéritas desenvolvidas na área e por atividades ocorrentes no seu entorno. Para atingir os objetivos, adotou-se conduta técnica caracterizada pelo seguinte eixo principal:

a) Pesquisa de Contexto – Levantamento dos principais constituintes do processo produtivo utilizado pela empresa, partindo do mapeamento das matérias primas e insumos utilizados, passando pela observação dos processos empregados até chegar ao levantamento dos produtos finais gerados e dos efluentes e resíduos associados ao processo; levantamento do histórico de uso da área, levantamento do uso e ocupação do entorno atual e pretérito; observações de campo, definição de escopo detalhado para etapa de campo;

b) Elaboração do Relatório de Diagnóstico Ambiental Preliminar: Desenvolvimento da análise preliminar dos contextos ambientais associados à área e seus condicionantes, identificando vetores potenciais de impacto, pontos sensíveis do meio e as ações de investigação necessárias à perfeita caracterização do local, definição de escopo das etapas posteriores;

c) Etapa de Campo – Aplicação do Escopo Definido na Etapa Anterior: Demarcação em campo, a partir do Relatório de Diagnóstico Preliminar, dos pontos para execução de sondagens para amostragem de solos e instalação de poços de monitoramento; execução das sondagens a trado para coleta de amostras de solo para análise química dos parâmetros HPA (conjunto de 16 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos), COV (Compostos Orgânicos Voláteis), Carbono Orgânico Total (TOC) e Análises Geotécnicas (Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Umidade, Densidade e Composição Granulométrica); instalação e desenvolvimento de poços de monitoramento de água subterrânea para coleta de amostras para análise química dos parâmetros Metais Dissolvidos (Al, Ba, Cd, Co, Cr<sup>3+</sup>, Cr<sup>6+</sup>, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V e Zn), Cloretos, Fluoretos, Sulfatos, DOC (Carbono Orgânico Dissolvido), HPA (conjunto de 16 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos) e COV (Compostos Orgânicos Voláteis); comparação dos resultados das análises químicas com a Lista de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – CETESB (2001), Lista da Portaria Nº 518/GM de 25 de Março de 2004. e Lista Holandesa de Valores de Qualidade do Solo e da Água Subterrânea: Elaborada em 1987, revisada e publicada pelo Ministério de Planejamento Territorial e Meio Ambiente da Holanda (VROM) em 1994 e posteriormente em 2000; execução de ensaios de permeabilidade nos poços instalados; determinação de parâmetros físico químicos in situ da água subterrânea;

d) Elaboração de Relatório do Diagnóstico Ambiental: Todos os resultados obtidos constituíram o Relatório Técnico do Diagnóstico Ambiental.

## 2 MÉTODOS UTILIZADOS

Para atingir os objetivos iniciais, foram estabelecidas as seguintes diretrizes para investigação:

### 2.1 Na Pesquisa de Contexto – Diagnóstico Preliminar

- Observações *in situ* para planejamento geral dos trabalhos;
- Levantamento de documentações e informações relativas a processos de produção, instalações físicas, históricos de operação da unidade;
- Realização de entrevistas com pessoal chave para obtenção de informações sobre processos empregados e sobre o histórico do empreendimento;
- Levantamento e análise de informações de fontes externas vinculáveis à área e ao seu entorno (fotografias aéreas, plantas, mapas, etc.);

Os resultados da Avaliação Inicial integraram o Relatório de Diagnóstico Ambiental Preliminar. Este relatório integrou todas as informações levantadas, relativas ao Potencial de Contaminação do Empreendimento, identificando os pontos do terreno que deveriam ser objeto de investigação na Etapa de Campo. Também validou os métodos de investigação, amostragem e análise a serem executados nesta etapa.

### 2.2 Nos Trabalhos de Campo

#### 2.2.1 Sondagens prospectivas (SP) para investigação do solo

Locação em planta e em campo dos pontos escolhidos como pré-alvos para execução das Sondagens Prospectivas (SP) a partir das informações colhidas na etapa anterior;

Determinação *in situ*, a cada metro de avanço das SP, dos Teores de Compostos Orgânicos Voláteis (COV). As determinações nas alíquotas de solo foram realizadas com equipamento Gastech, modelo 1238 ME, com opção de eliminação do metano. Este equipamento detecta a presença de vapores orgânicos voláteis emanados a partir de compostos orgânicos de baixa massa molecular eventualmente presentes no solo. Para realizar as medições de COV nas SP utilizou-se a técnica *Head Space*, que consiste no armazenamento de alíquota de solo em saco plástico fechado, sua desagregação manual e realização imediata da medição dos teores de COV presentes neste meio. O equipamento utilizado tem duas escalas de medição: de 0 a 500 ppmV e de 0 a 100% de LIE (Limite Inferior de Explosividade). Neste relatório, todos os valores medidos foram convertidos em ppmV (1% de LIE = 110 ppmV). A unidade de medida ppmV, representa uma relação de parte por milhão, referenciada a volume. Ou seja: 1 ppmV de benzeno equivale a 1 litro do gás benzeno em 1.000.000 de litros de ar.

Determinação *in situ* do pH de abrasão de solo. A determinação do pH de abrasão teve o objetivo de identificar possíveis anomalias de pH vinculadas à percolação de efluentes ácidos/alcalinos, potencialmente associáveis a formas solúveis de metais. As determinações foram realizadas através do peagâmetro

HANNA Instruments em alíquotas de solo colocadas em suspensão em água deionizada, agitadas, submetidas a repouso e finalmente à leitura.

Coleta de 2 amostras de solo em cada furo de sondagem e envio a laboratório para determinação dos teores dos Compostos Orgânicos Voláteis em laboratório (COV's) e dos Compostos Orgânicos Semivoláteis (SCOV's), objetos da pesquisa.

Coleta de 3 amostras de solo para determinação do parâmetro Carbono Orgânico Total (COT);

Coleta de 3 amostras indeformadas de solo para determinação dos Índices Físicos (Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Umidade, Densidade e Composição Granulométrica);

### **2.2.2 Instalação e desenvolvimento de poços de monitoramento para investigação de água subterrânea e coleta de amostras de água**

A partir da interpretação dos resultados obtidos nas determinações in situ de COV e pH de solo, foram definidos os locais para instalação de 8 Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas. Em cada um desses pontos, foram executados os seguintes procedimentos:

Execução de sondagens em diâmetro 4" para instalação de poços de monitoramento com uso de trado mecanizado. Os furos atingiram cerca de 3 m abaixo do nível freático, em cada ponto sondado.

Instalação de poços de monitoramento de água subterrânea, em PVC Geomecânico de 2", de acordo com a norma NBR 13.786 da ABNT, nos furos de sondagem de 4".

Desenvolvimento dos poços instalados de acordo com procedimento padrão, com esgotamento de volume equivalente a 3 vezes o volume de água medido no poço;

Coleta de uma amostra de água em cada um dos poços de monitoramento instalados e envio a laboratório para determinação dos teores dos Compostos Orgânicos Voláteis (COV's), dos Compostos Orgânicos Semivoláteis (SCOV's), Ânions e Metais, objetos da pesquisa. As amostras coletadas foram tratadas de acordo com o método analítico a ser executado no laboratório. As amostras coletadas para determinação de cátions metálicos solúveis foram filtradas em membrana 0,45 µm e acondicionadas em frascos com os conservantes adequados. Todas as amostras foram coletadas em frascos adequados a cada tipo de amostras, fornecidos pelo laboratório. Tão logo coletadas as amostras, os frascos foram imediatamente acondicionados em cooler a 4 °C e enviados ao laboratório

### **2.2.3. Medições de parâmetros hidroquímicos e ensaios hidrodinâmicos *in situ***

Nos oito poços instalados foram medidos *in situ* os parâmetros Oxigênio Dissolvido, pH, Eh, Temperatura, Condutividade Elétrica, profundidade do Nível D'água e eventual espessura de Fase Livre. Essas determinações tiveram o objetivo de auxiliar na definição de campos de estabilidade físico-química aplicáveis a diferentes compostos e substâncias eventualmente presentes na água subterrânea;

Execução nos poços de ensaios de recuperação tipo *Slug Test* (Hvorslev, 1951), que é aplicável a aquíferos livres e apresenta bons resultados para médias a baixas condutividades. O ensaio de permeabilidade tem por objetivo determinar a condutividade hidráulica média do substrato nos arredores do poço ensaiado. A velocidade de migração das águas subterrâneas foi estimada segundo a Lei de Darcy, refletindo as características do litotipo presente na área, sendo que:

$V = K \times I / n_e$ , onde:

V = velocidade de deslocamento (m/ano)  
K = condutividade hidráulica média  
I = gradiente hidráulico  
 $n_e$  = porosidade efetiva

### **2.2.4 Outros trabalhos de campo**

Levantamento topográfico, com determinação da posição e cotas planialtimétricas dos principais elementos da área bem como das sondagens e poços instalados;

Coleta de uma amostra de água no poço profundo existente no local para determinação dos mesmos parâmetros *in situ* e *ex situ* definidos para os oito poços de monitoramento.

## **2.3 Nas Análises Químicas**

As amostras de solo e água foram encaminhadas ao laboratório e foram submetidas a ensaios para determinação dos teores dos seguintes compostos e substâncias:

### **2.3.1 Amostras de solo**

Pesquisa dos Compostos Orgânicos Voláteis –(EPA 5021);  
Pesquisa dos Compostos Orgânicos Semivoláteis – (EPA 8310);  
Pesquisa de Carbono Orgânico Total (COT)

### **2.3.2 Amostras de água subterrânea**

Pesquisa de Formas Solúveis de Metais e Semi Metais: Ag (SM 3120B); Al (SM 3120B); Ba (SM 3120B); Cd (SM 3120B); Co (SM 3120B); Cr<sup>3+</sup> (SM 3120B); Cr<sup>6+</sup> (SM 3500B); Cu (SM 3111B); Hg (SM 3112B); Ni (SM 3120B); Pb (SM 3120B); Se (SM 3120B); V (SM 3120B) e Zn (SM 3111B);

Pesquisa de Ânions Inorgânicos: Cloretos (SM 20 4500 Cl D); Fluoretos (SM 20 4500 F C) e Sulfatos (SM 20 4500 G);  
Pesquisa dos Compostos Orgânicos Voláteis –(EPA 5021)  
Pesquisa dos Compostos Orgânicos Semivoláteis – (EPA 8310);  
Pesquisa: de Carbono Orgânico Dissolvido (COD).

## 2.4 Na Interpretação dos Resultados Obtidos

### 2.4.1 Parâmetros de referência

Utilizou-se três sistemas de referência:

- Relatório de Estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – CETESB (2001): Teve por objetivo estabelecer valores orientadores, tanto para a prevenção da poluição de solos e águas subterrâneas, como para controle de áreas contaminadas. Apresenta os seguintes valores de referência:
  - Valor de Referência de Qualidade, indica o solo considerado limpo, ou a qualidade natural das águas subterrâneas;
  - Valor de Alerta, indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos tem caráter preventivo. Quando excedido no solo deverá ser exigido o monitoramento da águas subterrâneas, identificando-se e controlando-se as fonte de poluição;
  - Valor de Intervenção, indica o limite de contaminação do solo e das águas subterrâneas, acima do qual existe risco potencial à saúde humana. Tem caráter eminentemente corretivo, no gerenciamento de áreas contaminadas. Quando excedido, requer alguma forma de intervenção da área avaliada. Para se interceptar as vias de exposição, deve ser efetuada uma avaliação de risco caso a caso.
- Lista Holandesa de Valores de Qualidade do Solo e da Água Subterrânea: Elaborada em 1987, foi revisada e publicada pelo Ministério de Planejamento Territorial e Meio Ambiente da Holanda (VROM) em 1994 e posteriormente em 2000. Tem como objetivo referenciar valores de qualidade do solo e da água subterrânea. A Lista Holandesa apresenta dois valores de referência:
  - *Target Value* – Valor Alvo: indica um nível de qualidade do solo e da água subterrânea que permite considerá-los como limpos.
  - *Intervention Value* – Valor de Intervenção: indica nível limite para a qualidade do solo e água subterrânea. Acima desse valor, existe risco para a saúde humana e para o ambiente, tornando necessária ações voltadas para a remediação da área afetada.
- Portaria Nº 518/GM em 25 de Março de 2004: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, determina valores limites para substâncias em água e dá outras providências.

### **3 RESULTADOS OBTIDOS**

#### **3.1 Local e Geologia**

O terreno em questão encontra-se inserida em área industrial com alguns núcleos esparsos de uso residencial, podendo, a rigor, ser considerada como área de uso misto. Ao sul do terreno opera empresa de transportes coletivos com todas as utilidades e instalações peculiares a esse tipo de atividade. A oeste situa-se um córrego, aparentemente comprometido pelo aporte de esgotos domésticos *in natura*.

O subsolo local é constituído pela seguinte seqüência estratigráfica vertical, a partir do topo para base:

- Solo orgânico areno-siltoso de coloração preta
- Solo silto-arenoso de coloração vermelha;
- Solo siltoso de coloração verde;
- Solo areno-siltoso
- Argila orgânica;
- Solo argiloso de coloração laranja;
- Solo arenoso de coloração cinza a preta.
- Solo areno argiloso

A classificação granulométrica obtida indica a ocorrência de solos areno-siltosos na área norte do terreno, silto-arenosos na área sul/oeste e areno-argilosos na área sul/leste.

#### **3.2 Hidrogeologia**

O topo do aquífero freático local situa-se a uma profundidade média de 7,86 metros.

A condutividade hidráulica média calculada para a área é de  $1,28 \times 10^{-5}$  cm/s, o gradiente hidráulico calculado entre os poços de maior e menor carga hidráulica é de 0,03% e a porosidade efetiva média é de 10,33% para os solos areno-argiloso.

A partir dos dados acima apresentados, calculou-se a velocidade das águas subterrâneas no local em aproximadamente 1,16 m/ano.

#### **3.3 Contaminações**

Com base nos compostos identificados, foram individualizadas as seguintes fontes potenciais, primárias e secundárias:

### **3.3.1 Fonte primária**

ETE (Estação de Tratamento de Efluentes), vinculada diretamente à presença de Alumínio, Fluoreto, COV's e HPA's no solo e/ou na água.

### **3.3.2 Fontes secundárias**

Subsolo do Antigo Incinerador de Resíduos: potencialmente vinculável às ocorrências de metais: Alumínio, Cádmio, Chumbo, Cobalto e Níquel identificados em solução na água subterrânea;

Subsolo da área ocupada pela antiga lagoa: potencialmente vinculável às ocorrências dos metais Bário, Chumbo, do ânion Fluoreto e dos indícios de orgânicos dos grupos COV's e HPA's em solução na água do local. A Fonte Primária associada não foi identificada:

Subsolo da Estação de Tratamento de Efluentes: potencialmente vinculável às ocorrências do metal Alumínio e do ânion Fluoreto em solução na água e aos indícios de orgânicos do grupo COV's no solo local.

Subsolo da atual Área Frontal Norte do Terreno: potencialmente vinculável às ocorrências de Chumbo e Vanádio em solução na água e aos indícios de orgânicos dos grupos HPA's na sondagem realizada no local. Também pode haver eventual vínculo dessa fonte com os compostos do grupo dos COV's presentes na água e aos indícios de compostos do grupo de HPA's identificados.

## **3.4 Recomendações**

Neutralização imediata da Fonte Primária relacionada à Estação de Tratamento de Efluentes, vinculável à presença de Alumínio, Fluoreto, COV's e HPA's nos solos e águas subterrâneas, conforme dados obtidos a partir da sondagem e poço de monitoramento local.

- Execução de trabalho adicionais para detalhamento das fontes secundárias e das contaminações de água subterrânea identificados.
- Execução de Análise de Risco RBCA Tier 2;
- Monitoramento periódico da água subterrânea dos poços de monitoramento

## **BIBLIOGRAFIA**

ASTM. **ASTM E-1912**: Standard guide for accelerated site characterization for confirmed or suspected petroleum releases. Philadelphia, PA, 1998.

ASTM. **ASTM E-1527**: Standard practice for environmental site assessments: Phase 1. Environmental site assessment process. Philadelphia PA, 2000.



ASTM. **E1903-97 – 2002**: Standard guide for environmental site assessment: Phase II. Environmental site assessment process. Philadelphia PA, 2002.

SÃO PAULO (ESTADO). Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas**. São Paulo, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Portaria nº518**: Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, 2004.

MINISTERIE VAN VOLKSHULSVESTING. **Target values, soil remediation intervention values and indicative levels for serious contamination**. 2000.

# INITIAL ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS IN INDUSTRIAL AREA

*Adrian Boller<sup>1</sup>  
Fernando Peterson Delatorre<sup>2</sup>  
José Carlos Branco Assunção<sup>3</sup>  
Olyverson Lyra Porto<sup>4</sup>*

## **Abstract**

The present work had as objective to present a practical example of application of method for environmental diagnosis and survey of ambient liabilities in industrial area. The central axle of the work is the presentation of the method of inquiry in itself and not of the specific results gotten on it. The definition of work methodologies directed the environmental diagnostic in areas where if they develop industrial activity i is tied with the nature of the processes that occur and that they had occurred during the history of its occupation. For the case in screen, initially method of site characterisation of contexts, more specifically was applied of the description of the occupation of the area, of the industrial processes in developed during all the its occupation, as well as of the nature of the occupation of its neighbours. A time characterised contexts, had preliminarily defined groups of substances and compounds with inductive potential of ambient contamination. In the presented case the main groups had been Volatile Aromatic Hydrocarbons, Chlorinated Hydrocarbons; Polycyclic Aromatic hydrocarbons (PAH) and Metals. The inquiry was based on the collection of soil samples, installation of monitoring for groundwater sampling and assays, as well as hydrogeological studies. The information to the ownership on the relative contexts and results to the stages of collection of data and sample analyses, was in form of an environmental diagnosis report. This report shows the distribution of compounds analysed in soil and groundwater, associates passed for the identification of the impacts they and arrived at the recommendations how much to the future actions to be taken.

**Key-words:** Environmental Diagnosis, Contamination, Industrial Area.

<sup>1</sup> *Biologist, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*

<sup>2</sup> *Geologist, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*

<sup>3</sup> *PHD, Geologist, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*

<sup>4</sup> *Eng. Geologist, Angel Análises e Serviços Geológicos Ltda.*