



# 2013 SENALIMP

Seminário Nacional de Limpeza Pública





# GERENCIAMENTO DE ÁREAS CONTAMINADAS E SUA RECUPERAÇÃO

**Geol. Giovanna Cristina Setti Galante**

**Presidente AESAS – Assoc. Bras. de Empresas de**

# AESAS



Associação Brasileira das Empresas  
de Consultoria e Engenharia Ambiental



Fundada em 18/04/2002, conta atualmente com 19 associados e com a **APEMETA** - Associação Portuguesa de Empresas de Tecnologias Ambientais como parceiro internacional.

A diretoria e associados, compreendido por um corpo técnico multidisciplinar e altamente qualificado reúnem-se **mensalmente** para discutir, trocar experiências e formar opiniões sobre diversos temas do mercado de atuação, como:

- Normalização ambiental;
- Atuação das agências ambientais e de outras instituições públicas;
- Ética das empresas do setor;
- Atuação de empresas e consultores estrangeiros no país;
- Aspectos mercadológicos, credenciamento das empresas de apoio ao setor (sondagem, laboratórios e equipamentos).

# AESAS



Associação Brasileira das Empresas  
de Consultoria e Engenharia Ambiental



- Parceiros



# Mini CV



**SRA. GIOVANNA SETTI GALANTE** tem mais de 15 anos de experiência no gerenciamento de áreas contaminadas.

Superintendente da ESSENCIS Soluções Ambientais, atua como gestora da área de Engenharia e Consultoria Ambiental da ESSENCIS .

Especialista em gerenciamento de áreas contaminadas, é GEÓLOGA formada pela USP, com mestrado (M.Sc) em hidrogeologia também pela USP, tem especialização em hidrogeologia e comportamento de contaminantes nos EUA.

É relatora de normas técnicas ligadas ao setor ambiental (ABNT), coordenadora de grupos de trabalho da Câmara Ambiental de Derivados de Petróleo (CETESB) e atualmente é Presidente da AESAS (Associação das Empresas de Consultoria e Engenharia Ambiental).

**E-mail - [gsetti@essencis.com.br](mailto:gsetti@essencis.com.br)**

# O que são áreas contaminadas?



Uma área contaminada pode ser definida como uma área, local ou terreno onde há comprovadamente poluição ou contaminação causada pela introdução de quaisquer substâncias ou resíduos que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. (CETESB)

# O que é uma área degradada?



Área onde há a ocorrência de alterações negativas das suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compacidade, a perda de matéria devido à erosão e a alteração de características químicas, devido a processos como a salinização, lixiviação, deposição ácida e a introdução de poluentes. (CETESB)

# Áreas Contaminadas Como são geradas?



Custos?

Contaminação?

Interessados?

Riscos?

Solução?



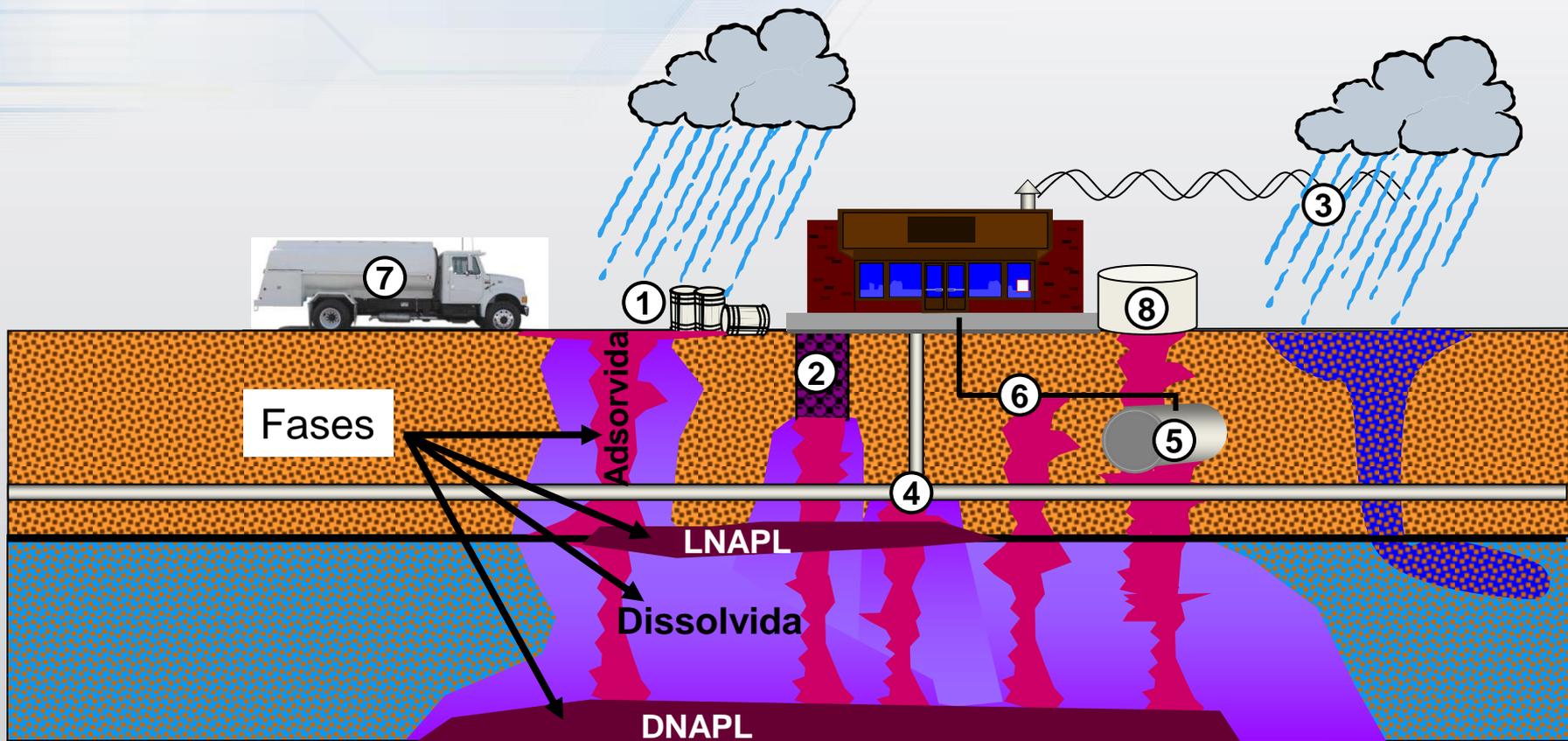
# Áreas Contaminadas Como são geradas?



- **Manipulação e armazenamento** inadequados de resíduos e matéria prima;
- **Vazamentos** de linhas e tanques (AÉREOS E/OU SUBT);
- **“Más práticas”**: lavar pisos com solventes e enterrar resíduos (INDUSTRIAL OU DOMÉSTICO)



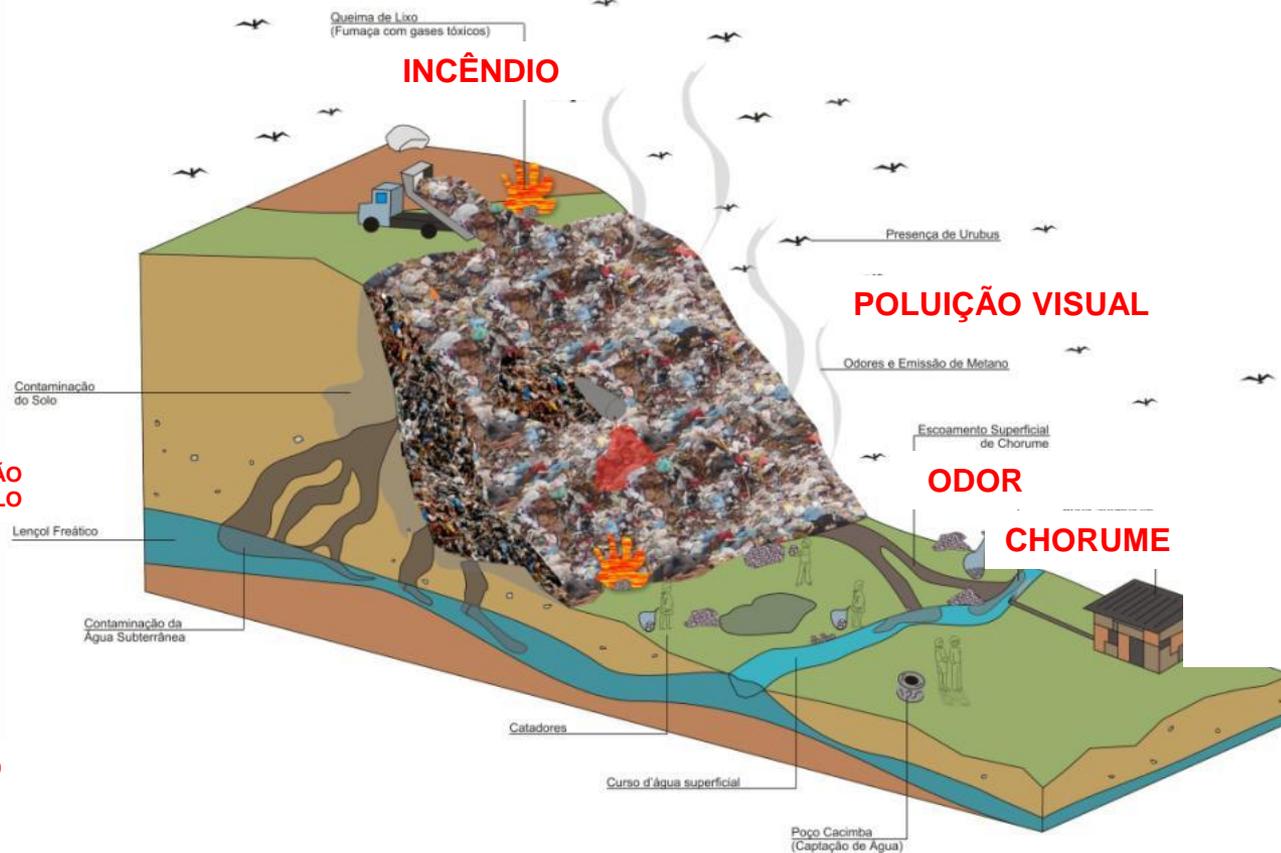
# Áreas Contaminadas Como são geradas?



# Disposição inadequada de Resíduos - Consequências



LIXÃO



**CONTAMINAÇÃO DO SOLO**

**CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA**

**CATADORES**  
**CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUPERFICIAL**

# Problemas gerados pelas Áreas Contaminadas



## Consequências:

- **Riscos** de incêndios/explosão;
- **Riscos** a saúde e ao ecossistema;
- **Contaminação** dos recursos hídricos;
- **Limitações** quanto ao uso dos solos.

# Situação Atual - Brasil



- **Passivos ambientais do País:** gerados a partir da manipulação inadequada de produtos e falta de **política de prevenção**.
- **Mudança de uso:** antigas áreas industriais – grandes condomínios residenciais (boom imobiliário)
- **Revitalização de *Brownfields*:** reutilização de áreas contaminadas (*ex - parque abril, antigo incinerador de SP*)  
Planos Diretores das cidades com previsão de ocupação de áreas ociosas (IPTU progressivo).

# Áreas Contaminadas Brasil



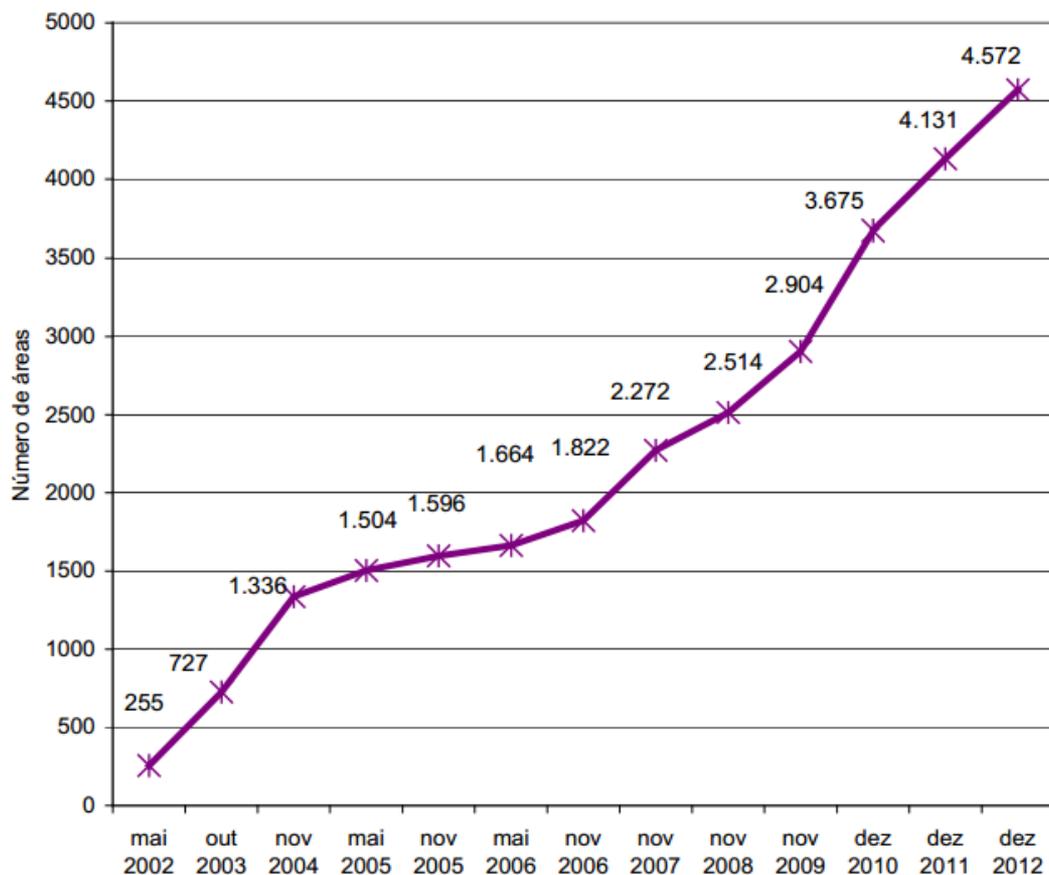
2000 - Mídia começa a destacar áreas contaminadas (Barão de Mauá)



# Áreas Contaminadas São Paulo - CETESB



Evolução do número de áreas cadastradas



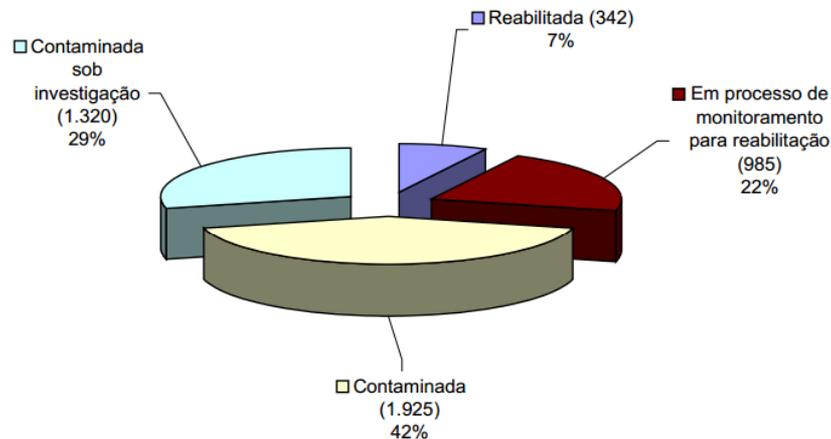
# Áreas Contaminadas São Paulo



**Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo - dezembro de 2012**

Região	Atividade					Total
	Comercial	Industrial	Resíduos	Postos de combustíveis	Acidentes/ Desconhecida/ Agricultura	
São Paulo	67	194	31	1.239	8	1.539
RMSP - outros	43	177	22	527	12	781
Interior	74	217	45	1.296	14	1.646
Litoral	28	42	28	240	2	340
Vale do Paraíba	4	51	2	208	1	266
<b>Total</b>	<b>216</b>	<b>681</b>	<b>128</b>	<b>3.510</b>	<b>37</b>	<b>4.572</b>

**Distribuição das áreas cadastradas quanto a classificação dezembro 2012 (todas as atividades)**



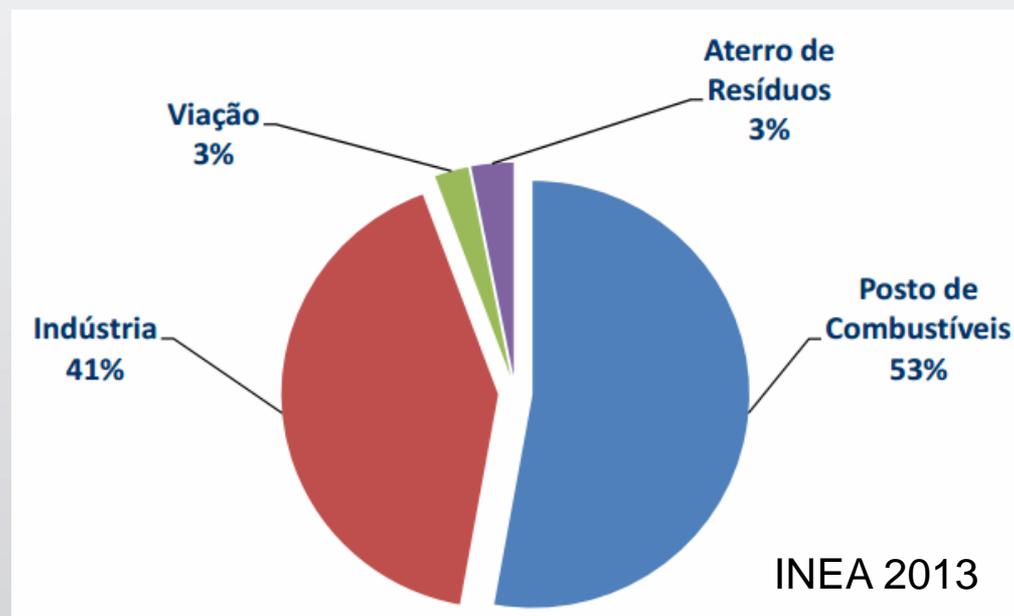
# Áreas Contaminadas Rio de Janeiro



Das 160 áreas monitoradas:

- 67 estão contaminadas;
- 64 em tratamento;
- 6 recuperadas.

Áreas contaminadas por segmento

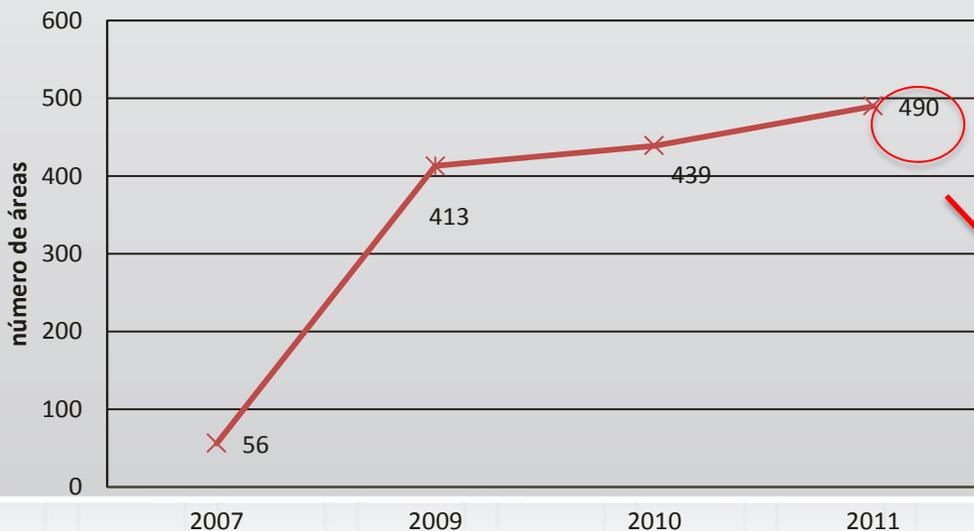


# Áreas Contaminadas Minas Gerais

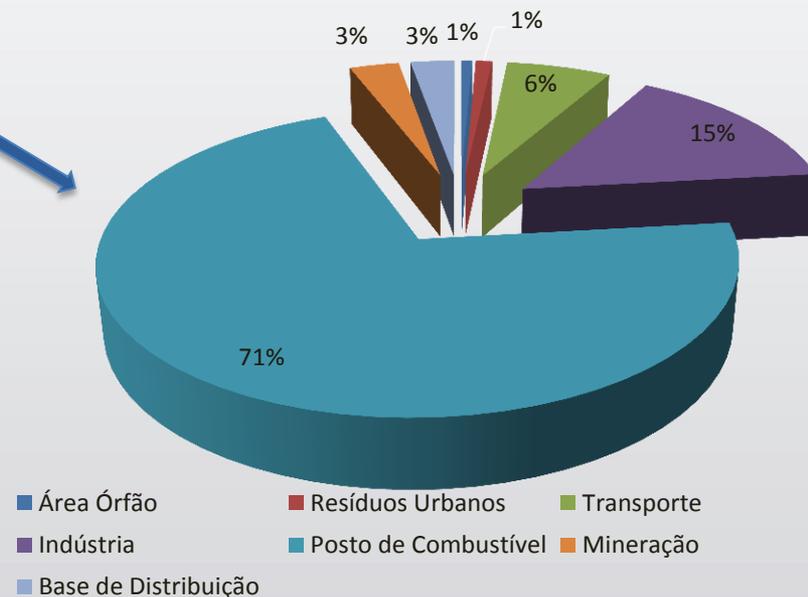


70 % são postos de combustíveis

Evolução do Número de Áreas Contaminadas -  
FEAM + SUPRAMs



Áreas Contaminadas Gerenciadas pelas SUPRAMs



+ 585 lixões

# Áreas Contaminadas Paraná



Não existe uma lista de áreas contaminadas do Paraná, mas segundo o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, as principais fontes de contaminações são:

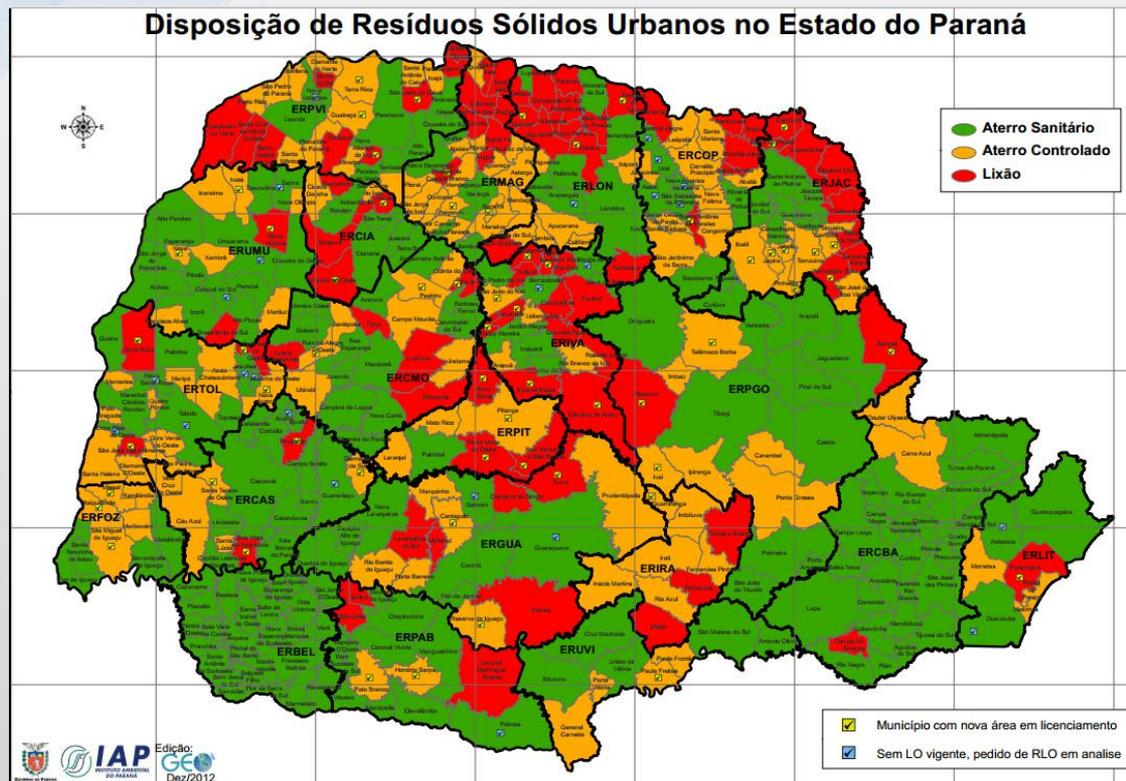
- Fundição de chumbo;
- Postos de combustíveis;
- Lixões;
- Acidentes ambientais;
- Terminais e derivados de petróleo e álcool.

# Cadastro de disposição de resíduos - Paraná



O Paraná possui 399 municípios, e a disposição dos resíduos está dividida em:

- 97 lixões a céu aberto;
- 203 aterros sanitários;
- 99 aterros controladores (fase intermediária do lixão com o aterro).



# Áreas Contaminadas Rio Grande do Sul



Destino	Nº de Municípios	% Municípios	População total	% da População	Nº de Áreas
Lixões	14	2,82%	714.107	6,7%	10
Aterro Controlado	129	26,01%	2.448.723	22,9%	77
Aterro Sanitário	341	68,75%	7.442.552	69,6%	21
Santa Catarina	12	2,42%	87.998	0,8%	3
	496		10.695.532	100,0%	

Disposição final de resíduos em 2011:

- 69% aterro sanitário
- 26% aterro controlado
- 3% lixões

# Áreas Contaminadas Bahia



23 áreas contaminadas em Salvador (2005)

Demais Estados sem informação.

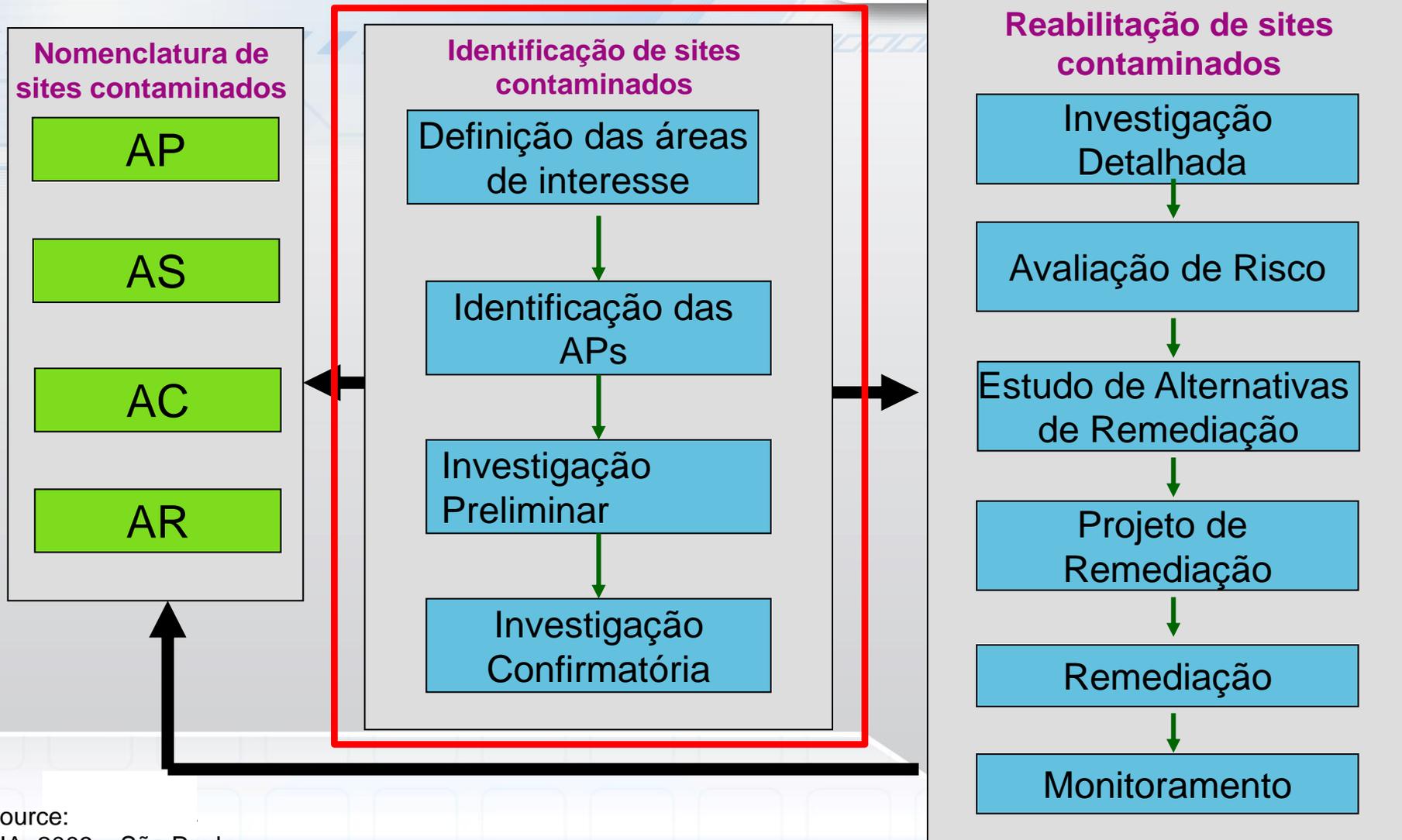
# Áreas Contaminadas Lixões - Cenário Nacional



5.550 municípios

Somente **15 % (830 municípios)** possuem sistema **correto de aterro sanitário**

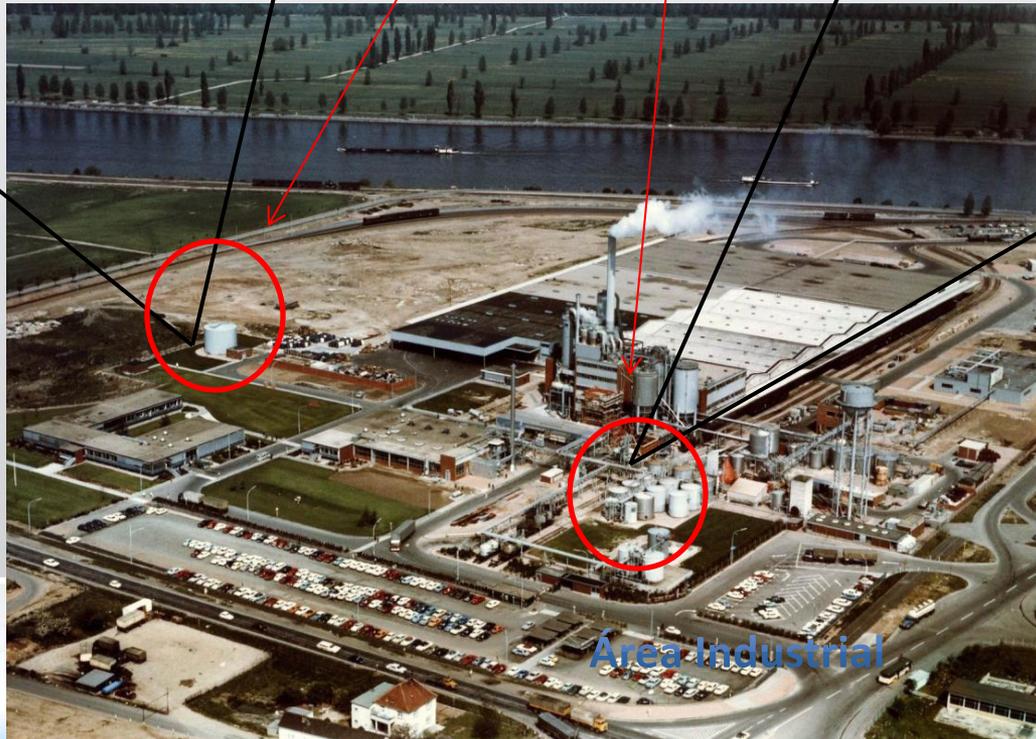
# Gerenciamento de ACs no Estado de SP



# Investigação Preliminar



Áreas  
Potencialmente  
Contaminadas



# Gerenciamento de Áreas Contaminadas - CETESB



## Identificação de sites contaminados

Definição das áreas de interesse



Identificação das APs



Investigação Preliminar



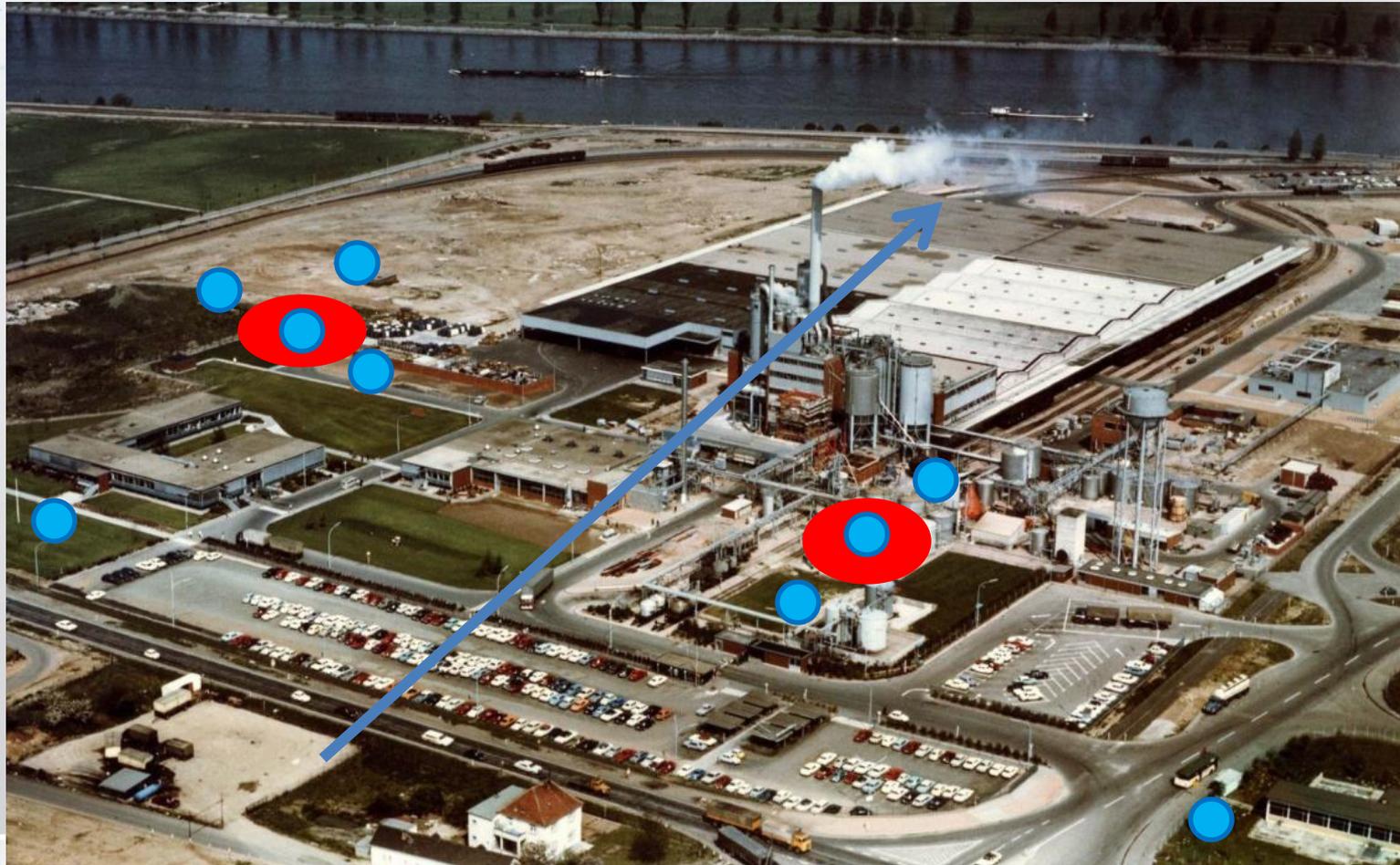
Investigação Confirmatória

3. Investigação com amostragem de solo e/ou água subterrânea em pontos estratégicos, com análises químicas.

Valores comparados com listas de intervenção ou fase livre de produto

# Investigação de ACs

## Investigação Confirmatória



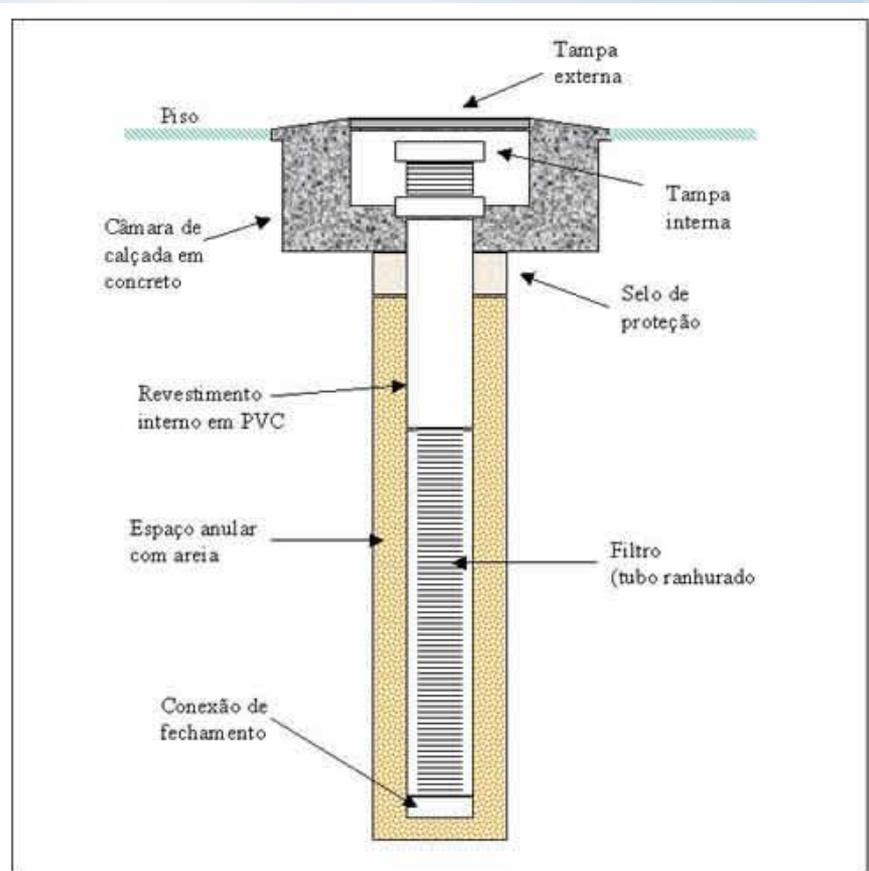
● Sondagem/ Poços de Monitoramento

# Investigação Confirmatória



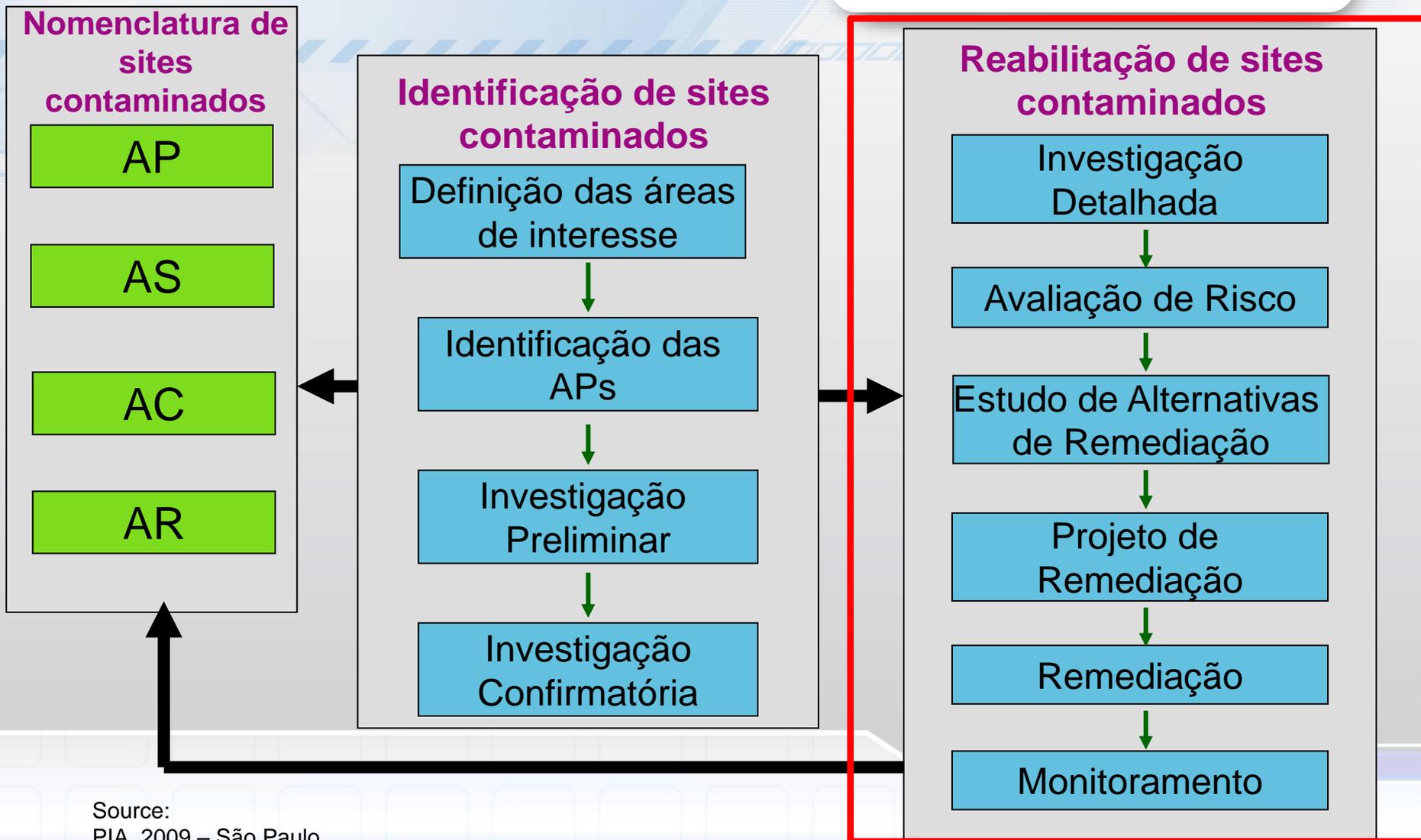
**Amostragem de solo e Instalação de poços de monitoramento**

# Investigação Confirmatória



- Amostragem de Água Subterrânea
- Confirmação de contaminação nas APs!!!

# Gerenciamento de Áreas Contaminadas - CETESB



# Gerenciamento de ACs no Estado de SP



## Reabilitação de sites contaminados

Investigação  
Detalhada

Avaliação de Risco

Estudo de Alternativas  
de Remediação

Projeto de  
Remediação

Remediação

Monitoramento

## Investigação detalhada

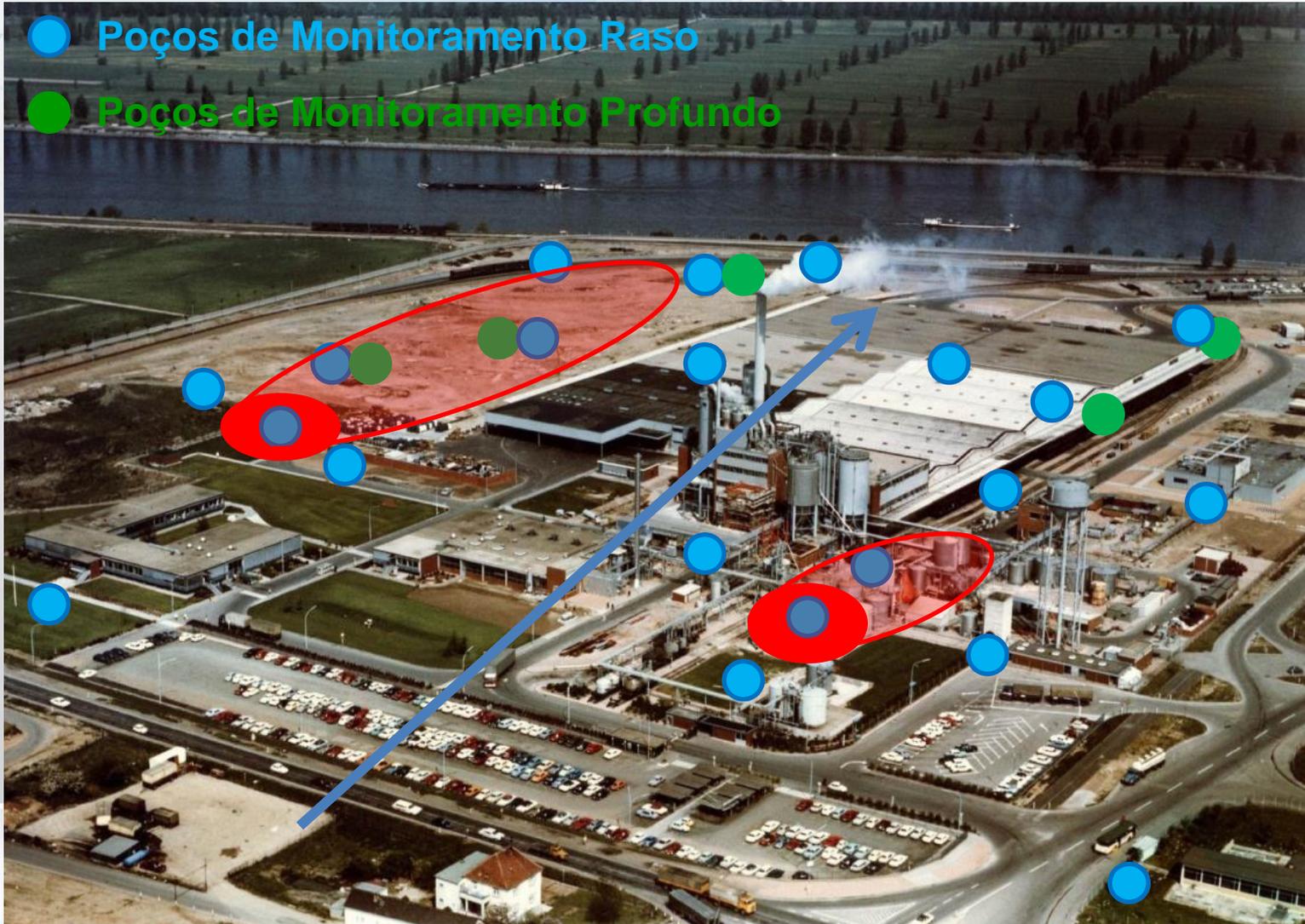
- Avaliar detalhadamente as características da fonte de contaminação;
- Avaliar detalhadamente as características dos meios afetado;
- Determinar as dimensões de áreas e/ou volume dos meios afetados;
- Avaliar os tipos de contaminantes presentes e suas concentrações; e
- Definir os limites e a taxa de propagação da pluma de contaminação.

# Investigação de ACs

## Investigação Detalhada



- Poços de Monitoramento Raso
- Poços de Monitoramento Profundo



# Investigação de ACs

## Investigação Detalhada



- Delimitação da Pluma de Contaminação
- Interação da Pluma com o meio geológico – Mecanismos de Transporte
- **Modelo Conceitual da Contaminação!!!**

# Gerenciamento de Áreas Contaminadas - CETESB



## Reabilitação de sites contaminados

Investigação  
Detalhada

Avaliação de Risco

Estudo de Alternativas  
de Remediação

Projeto de  
Remediação

Remediação

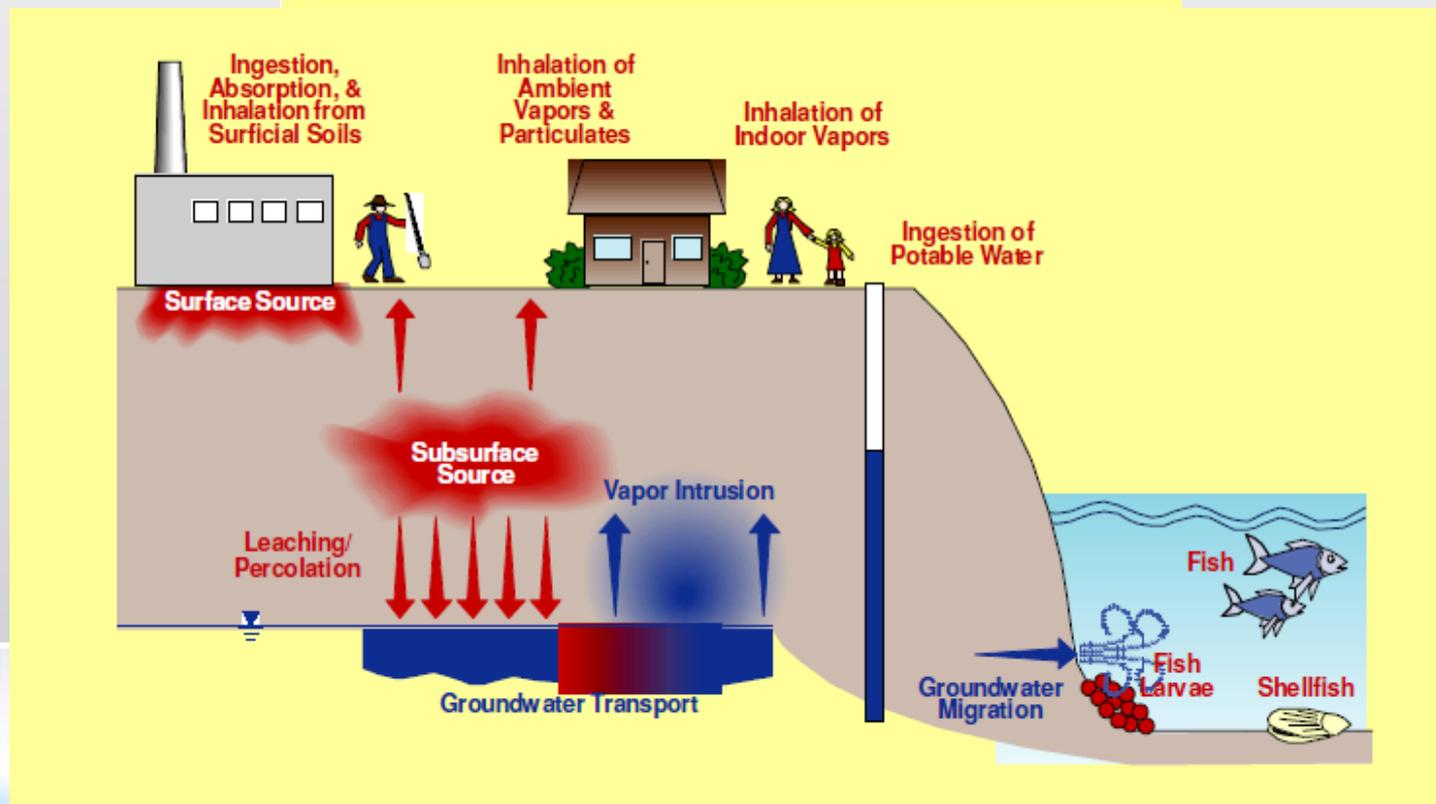
Monitoramento

## Avaliação de risco

Identificar e quantificar os riscos à saúde humana e ambiental de uma área contaminada.

Métodos baseados em princípios de toxicologia humana e no conhecimento das propriedades físico-químicas e comportamento ambiental de contaminantes.

# Análise de Risco à Saúde Humana



# Gerenciamento de Áreas Contaminadas - CETESB



## Reabilitação de sites contaminados

Investigação  
Detalhada

Avaliação de Risco

Estudo de Alternativas  
de Remediação

Projeto de  
Remediação

Remediação

Monitoramento

## Estudos de alternativa de remediação

Estabelecer uma estratégia de remediação (limpeza) do solo e aquífero que possa atender aos valores de concentração de solos e água subterrânea, estabelecidas pela avaliação de risco.

Escolher uma metodologia de remediação adequada e as **metas de remediação** do meio.

# Gerenciamento de Áreas Contaminadas - CETESB



## Reabilitação de sites contaminados

Investigação  
Detalhada

Avaliação de Risco

Estudo de Alternativas  
de Remediação

Projeto de  
Remediação

Remediação

Monitoramento

## Projeto de remediação

Projetar um equipamento de remediação (algumas vezes pede-se estudos em escala piloto)

# Gerenciamento de Áreas Contaminadas - CETESB



## Reabilitação de sites contaminados

Investigação  
Detalhada

Avaliação de Risco

Estudo de Alternativas  
de Remediação

Projeto de  
Remediação

Remediação

Monitoramento

## Remediação

Instalação e operação de planta de  
remediação (*in situ* ou *ex situ*)

Monitoramento de efetividade do método e  
suas tendências de recuperação do área.

# Remediação de solo e aquíferos



## CONCEITO:

- **Remoção** de fonte de contaminação;
- **Redução** de contaminação de solo e de água subterrânea até níveis aceitáveis ambientalmente (metas de remediação), e;
- **Redução de riscos ambientais** ou de exposição de trabalhadores e usuários do local e do recurso.

# Tecnologias de Remediação



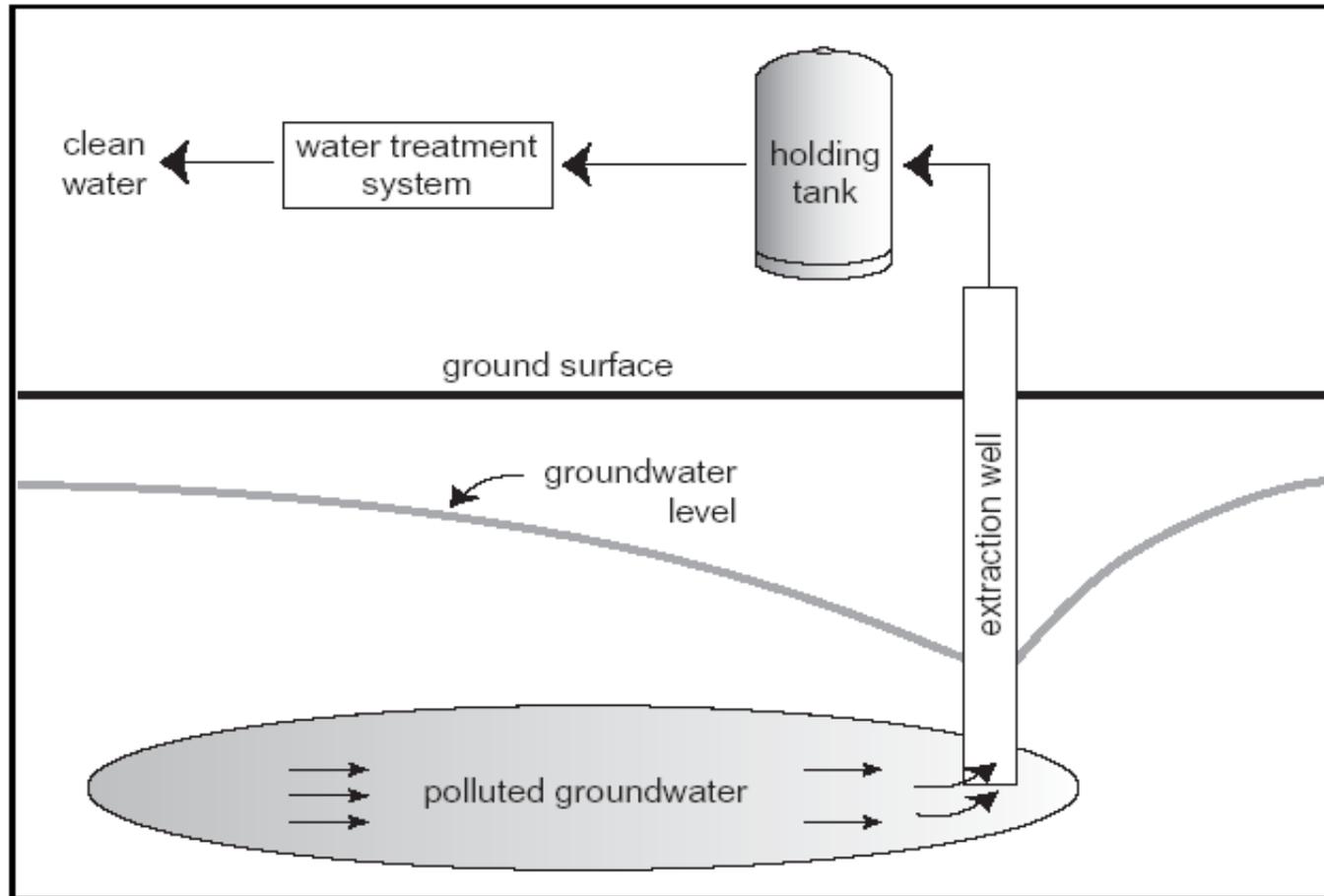
## 1- *In-situ*:

- Sistema de bombeamento (***pump and treat***);
- ***Air Sparging***;
- Extração de vapores (***soil vapor extraction***);
- Extração Multifásica (***MPE***);
- Processos Oxidativos Avançados (***POA***);
- Barreiras Reativas, B. Hidráulicas, ***Funnel Gate***.
- Biorremediação;
- Fitorremediação;
- Processos térmicos.

## 2 – *Ex-situ*

- Escavação e tratamento *ex-situ*.

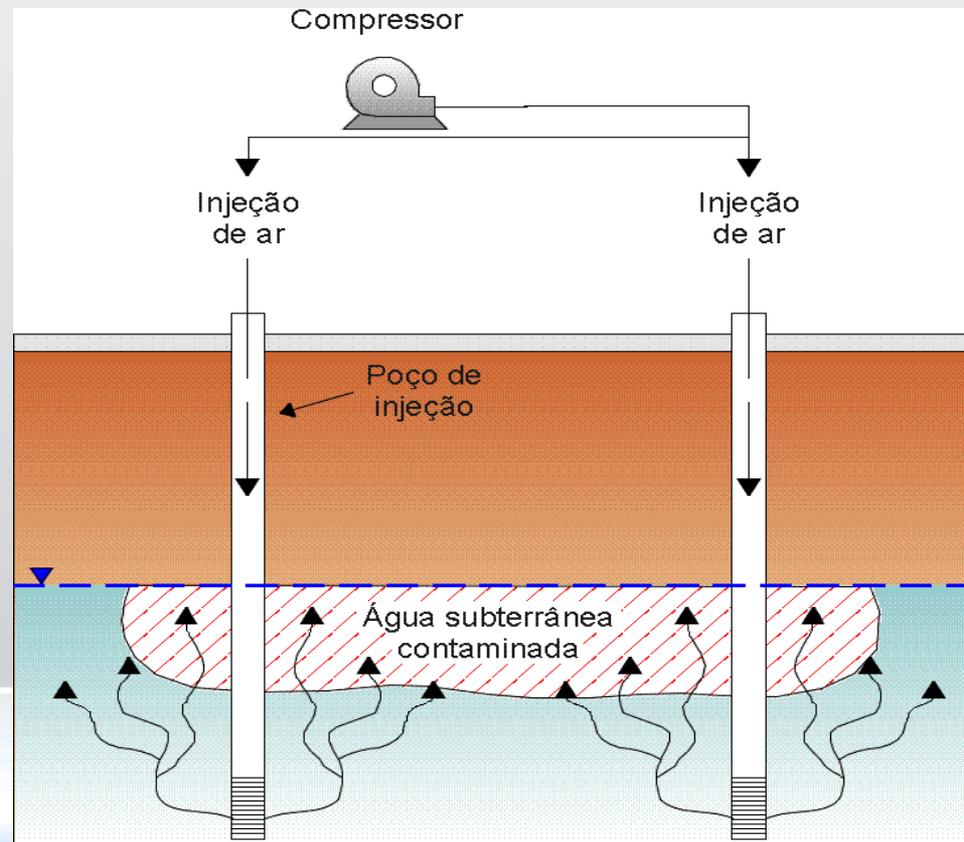
# Sistema de bombeamento



# Sistema de Air Sparging



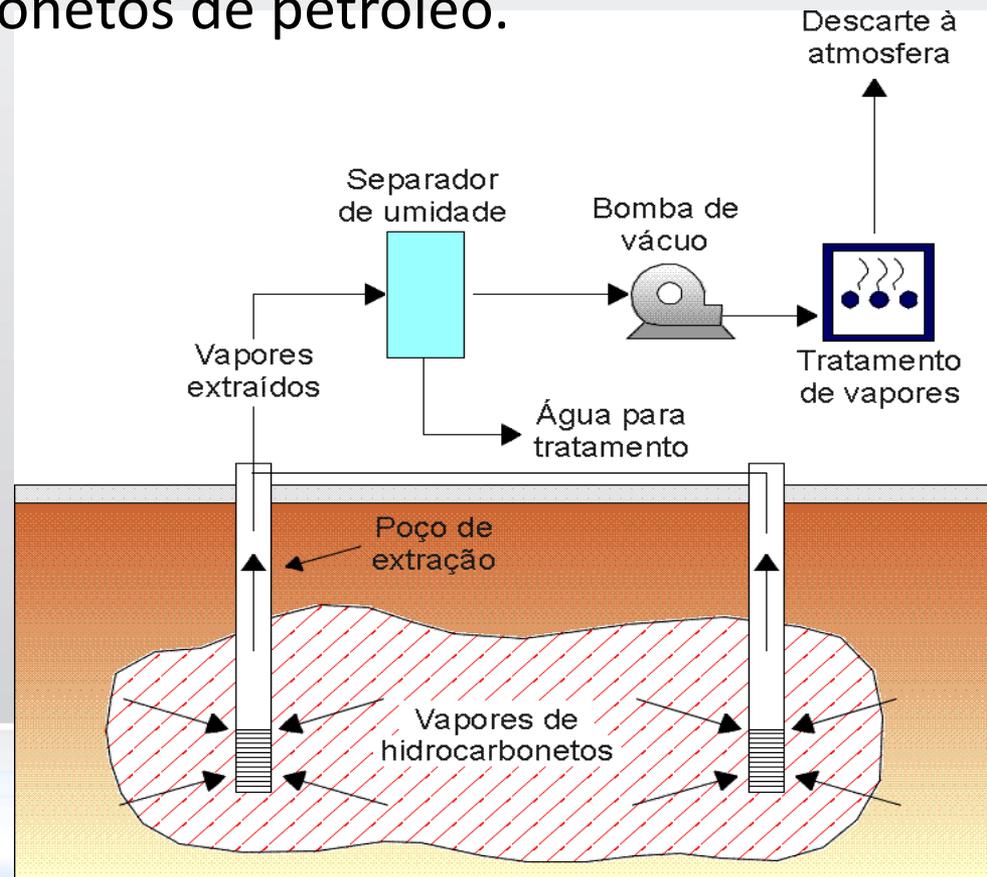
- É a técnica que injeta o ar na zona saturada para a remoção dos hidrocarbonetos dissolvido na água e adsorvido no solo, reduzindo as concentrações.



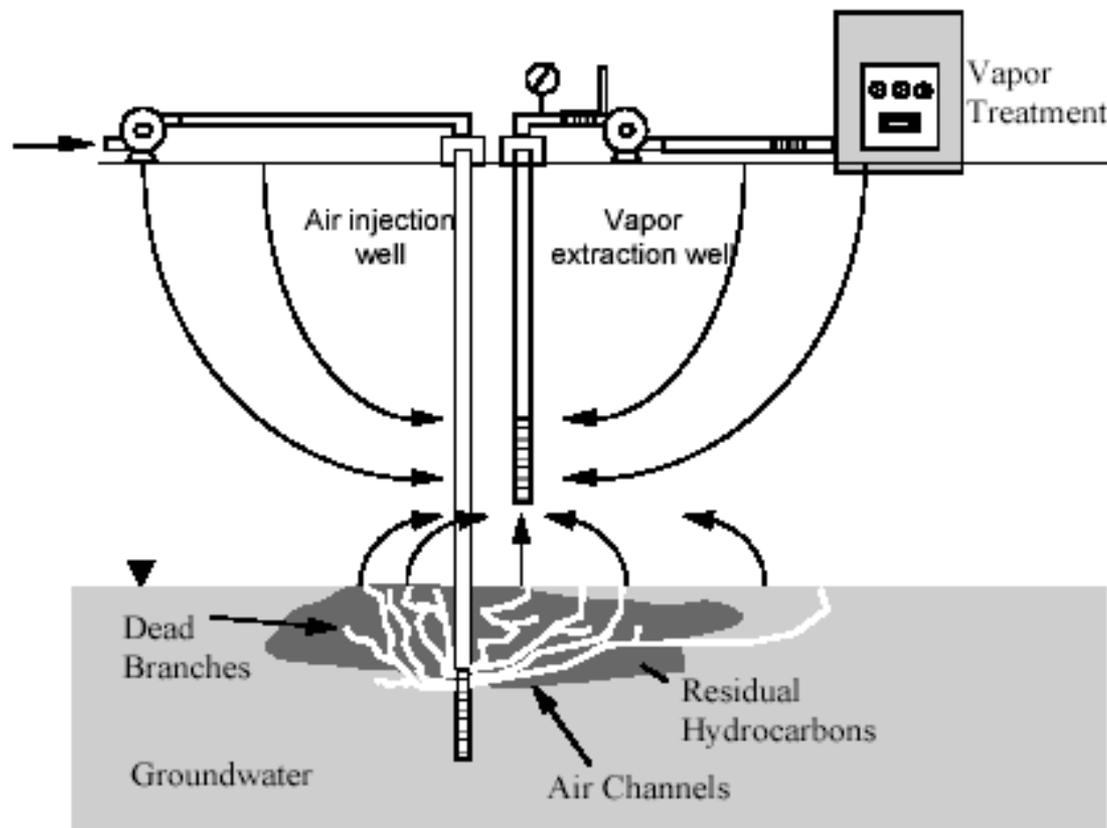
# Sistema de Extração de Vapores



- É a técnica que extrai a fase vapor na zona não saturada adsorvida no solo, reduzindo a concentração dos hidrocarbonetos de petróleo.



# Sistema de Conjugado AS=SVE

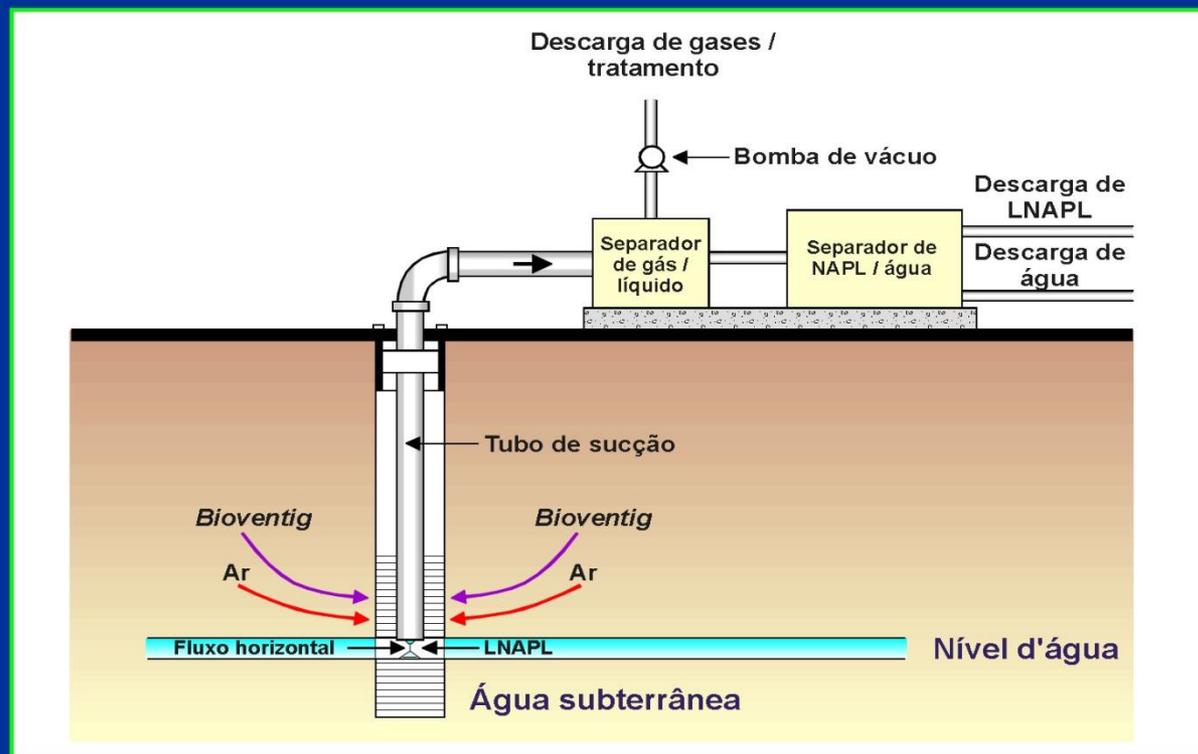


Sistema AS-SVE. Fonte: Leeson, Andrea (2002)

# Sistema de Extração Multifásica



## BIOSLURPING SYSTEM

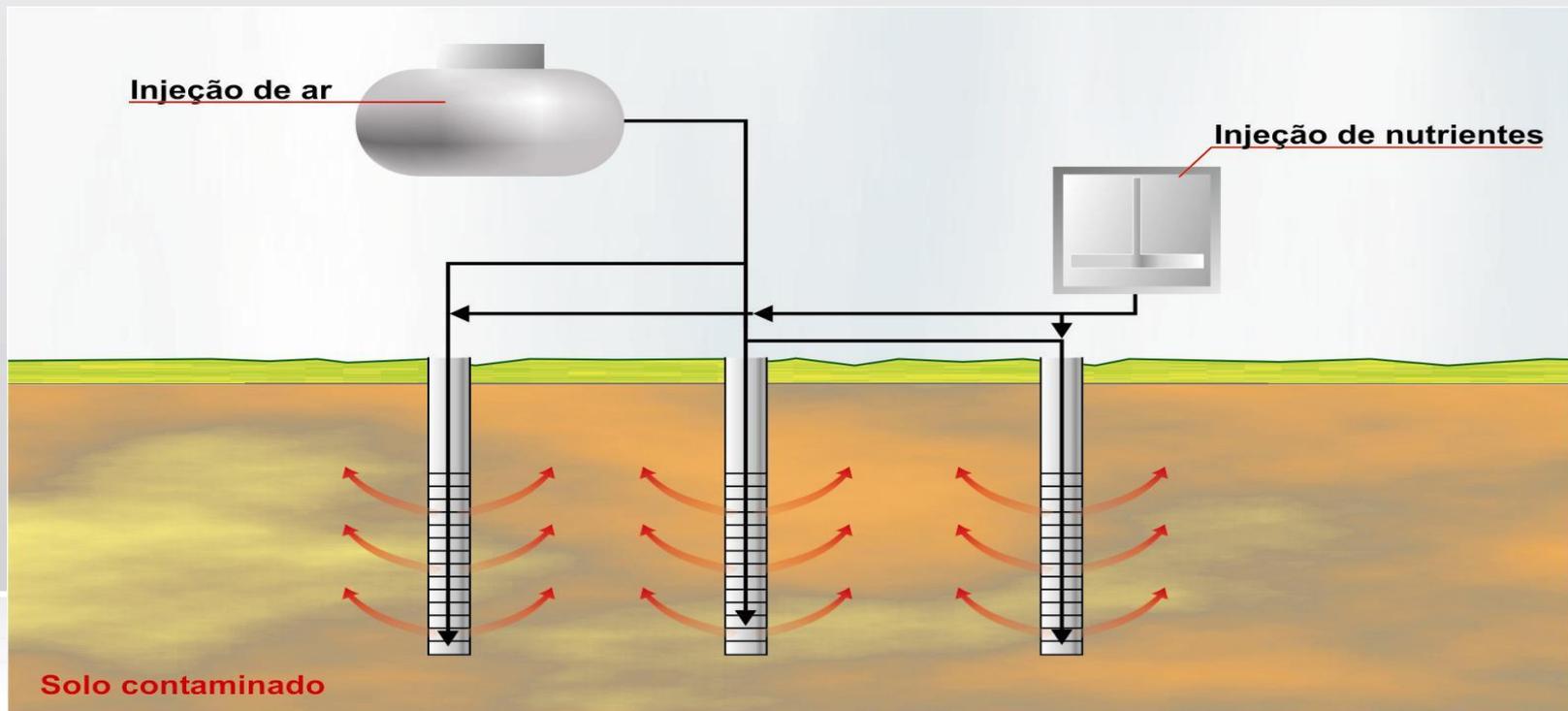


[video](#)

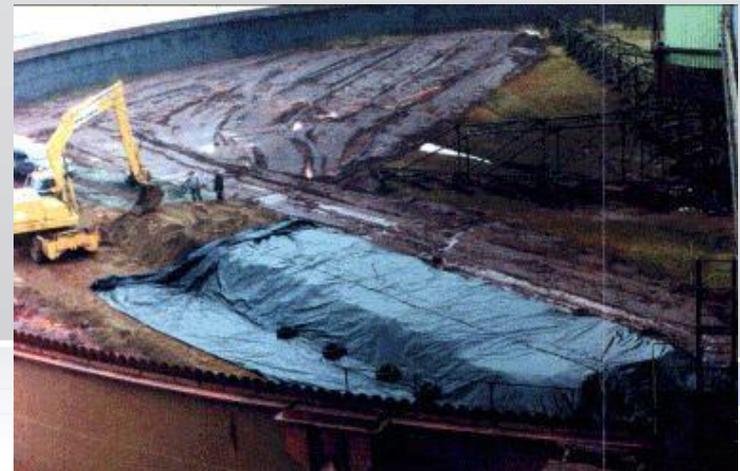
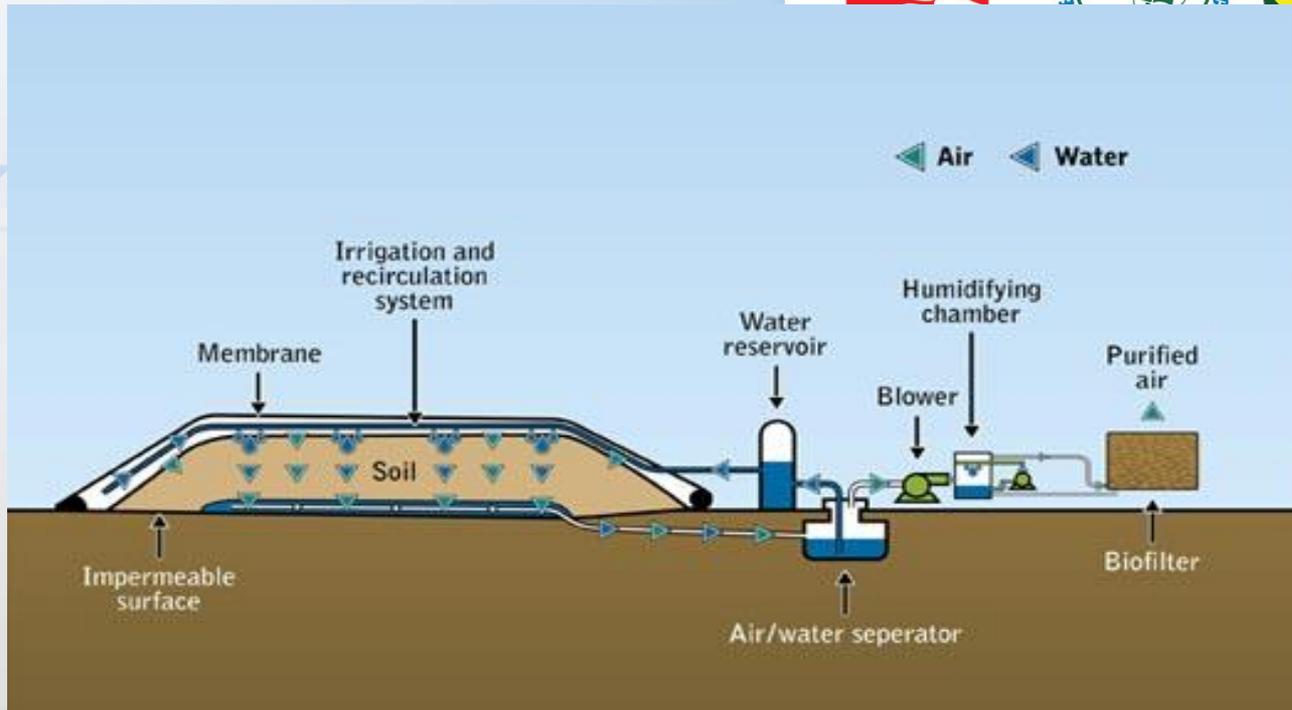
# Bioventing



É o processo de aeração do solo com a injeção de nutrientes para estimular a atividade biológica do meio com os microrganismos autóctones.



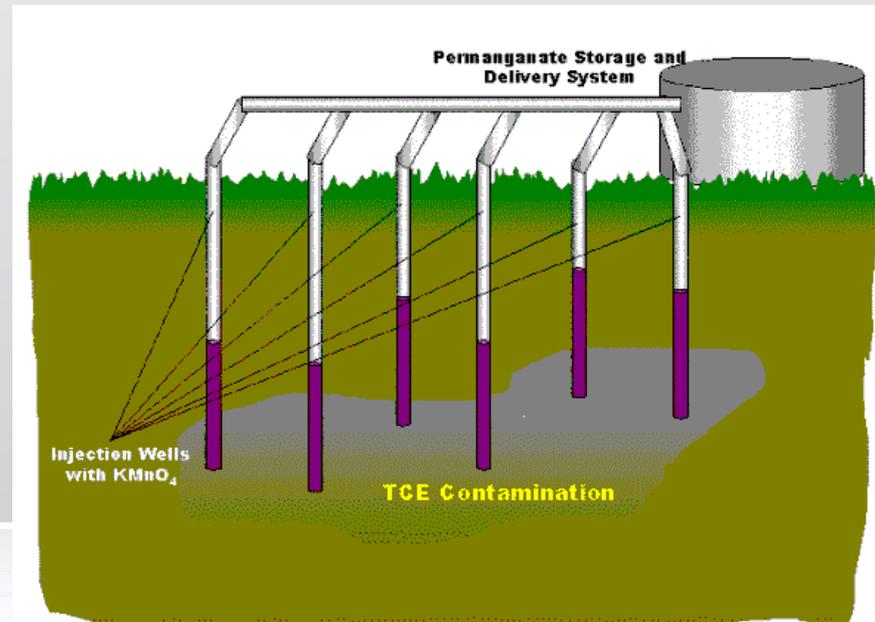
# Biopilha



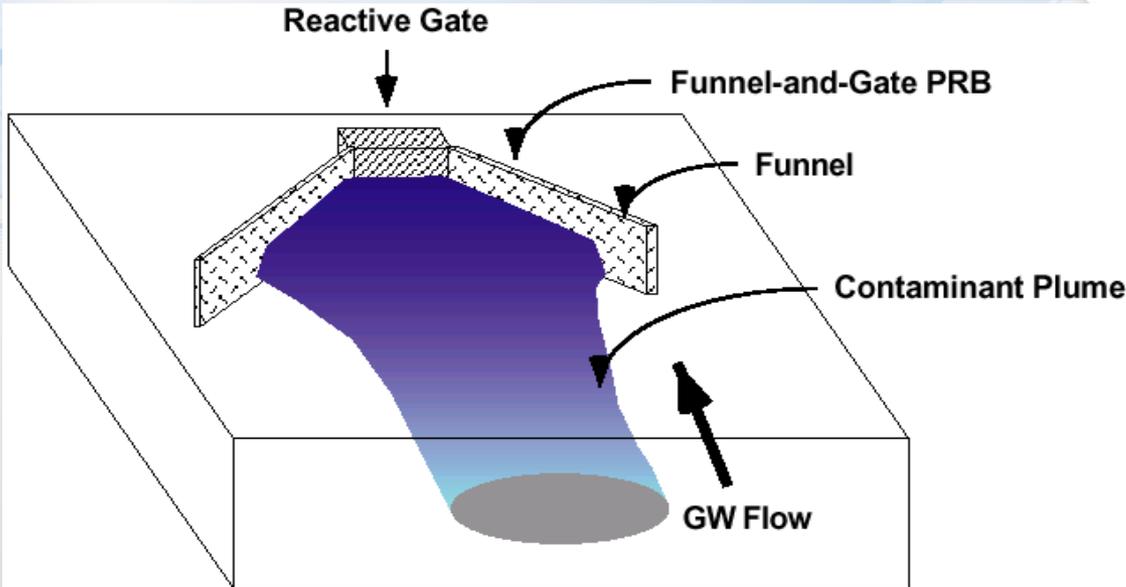
# Oxidação Química in-situ



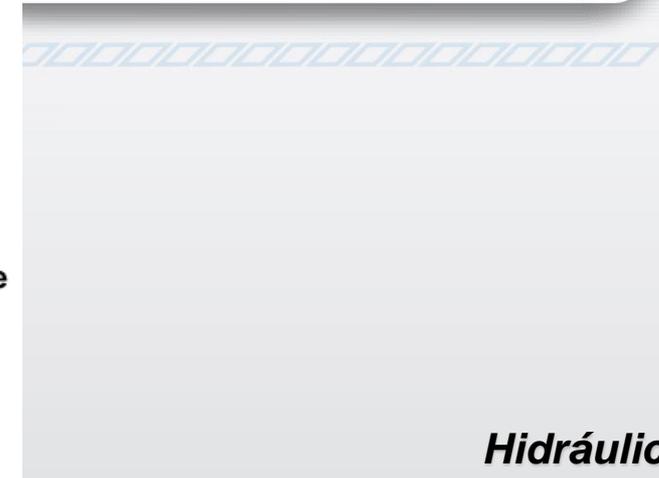
É a técnica inovadora que destrói degradando os compostos orgânicos. (injeção de peróxido, permanganato e outros).



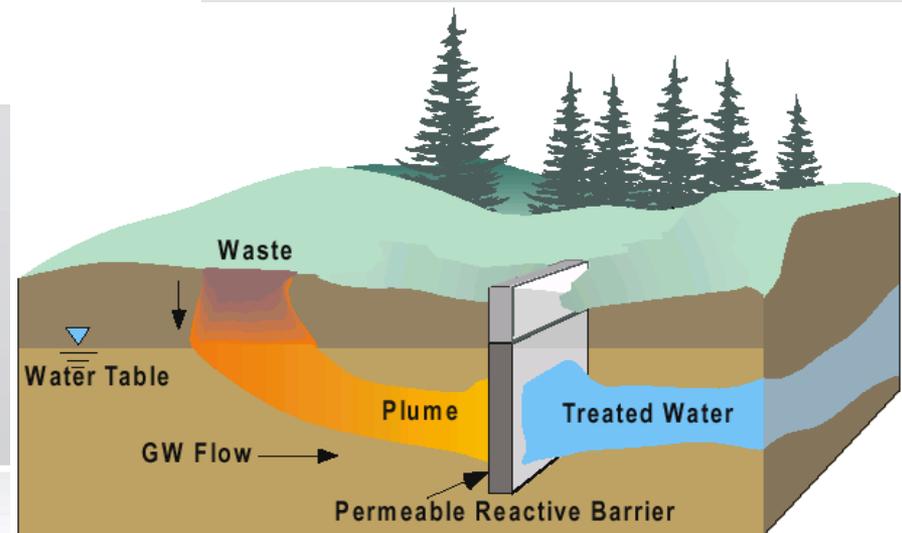
# Barreiras



*Reativa*



*Hidráulica*



# Escavação

Escavação/remoção e destinação  
Adequada - tratamento *ex-situ*

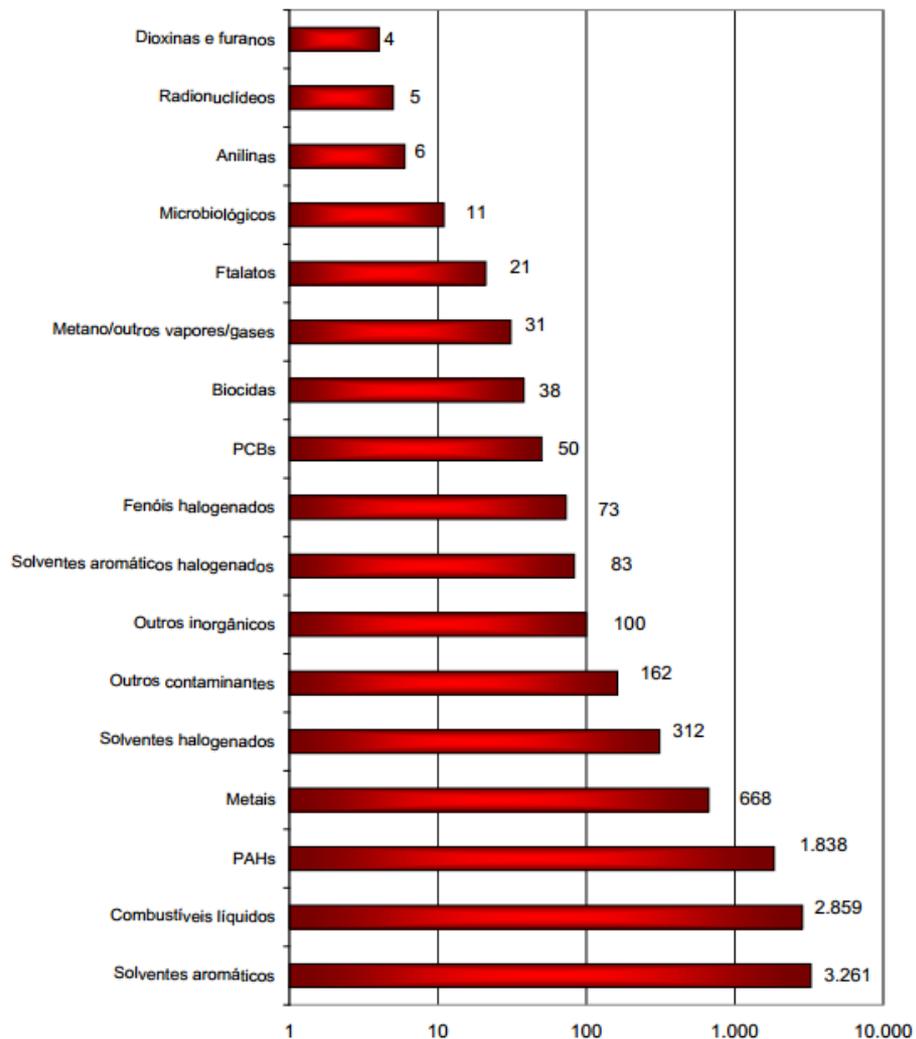


# Métodos de Remediação

## Brasil



Constatações de grupos de contaminantes - dezembro de 2012



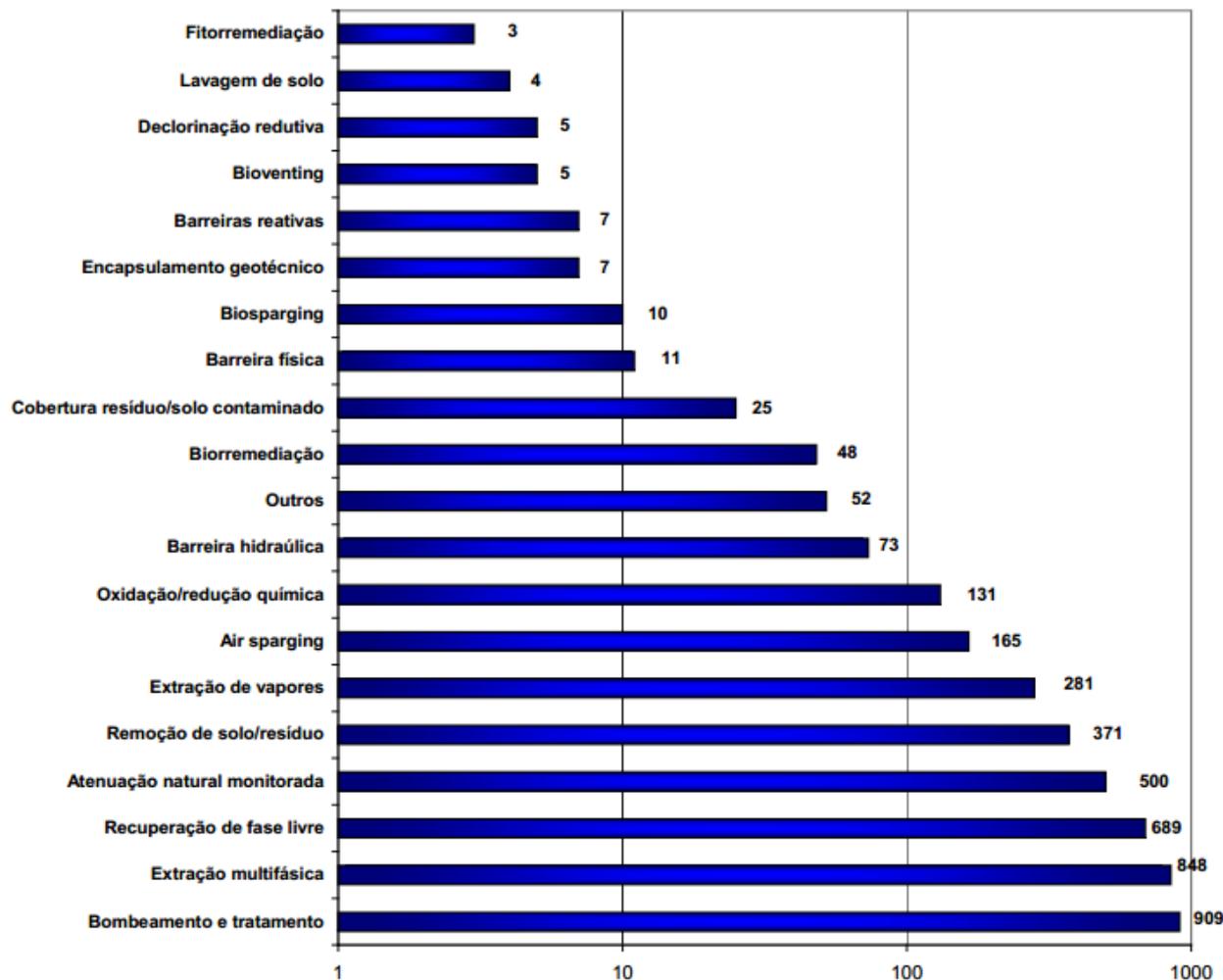
Fonte (CETESB)

# Métodos de Remediação

## Brasil



Constatações de técnicas de remediação implantadas - dezembro 2012

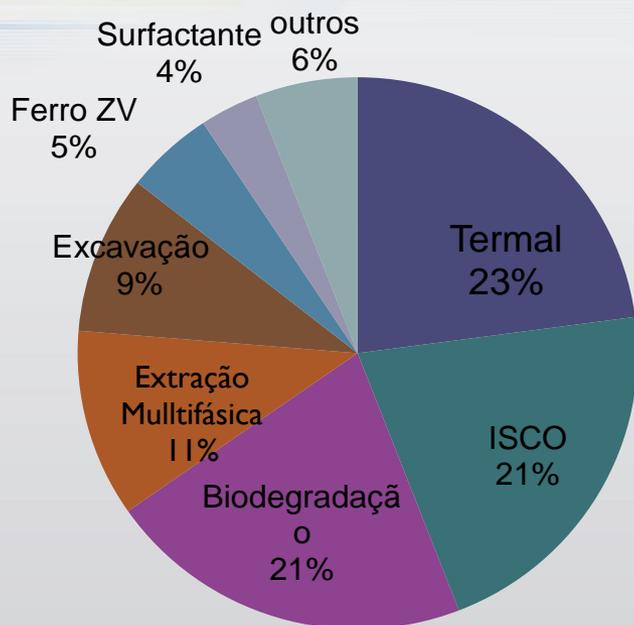


# Métodos de Remediação

## EUA



### Remediação - VOC



Fonte: McGuire, 2006

- ✓ A seleção de **tecnologias para tratamento *in-situ*** e fonte de controle continua a aumentar, representando cerca de **60% dos novos projetos entre 2002 e 2005**;
- ✓ 2002 a 2005 – aumento de **MPE e tratamentos químicos** em comparação com **SVE** que tem vindo a diminuir;
- ✓ Existe uma contínua tendência de crescimento na utilização de **tecnologias inovadoras**;
- ✓ **MNA** tem sido crescente desde 2002, com quase metade de todos os sites selecionando **MNA**, em 2005;
- ✓ **Biorremediação *in situ* e tratamentos químicos** têm aumentado significativamente nos últimos anos, entre **70 e 80% destes projetos** que estão sendo selecionados nos últimos 6 anos (flash).

# Gerenciamento de Áreas Contaminadas - CETESB



## Reabilitação de sites contaminados

Investigação  
Detalhada

Avaliação de Risco

Estudo de Alternativas  
de Remediação

Projeto de  
Remediação

Remediação

Monitoramento

## Monitoramento

Uma vez chegando aos níveis propostos e com a aceitação do órgão ambiental, estabelecer um monitoramento de solos e água subterrânea.



# Estudos de Caso

---

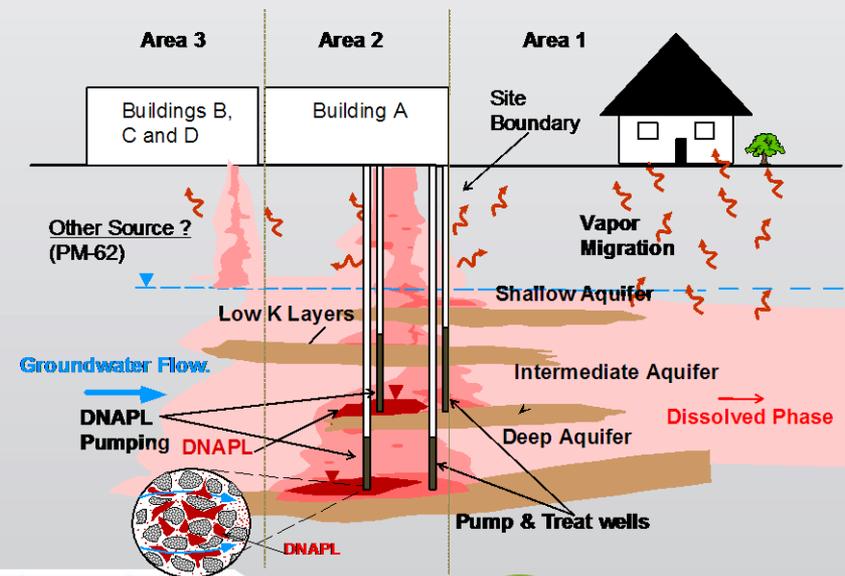
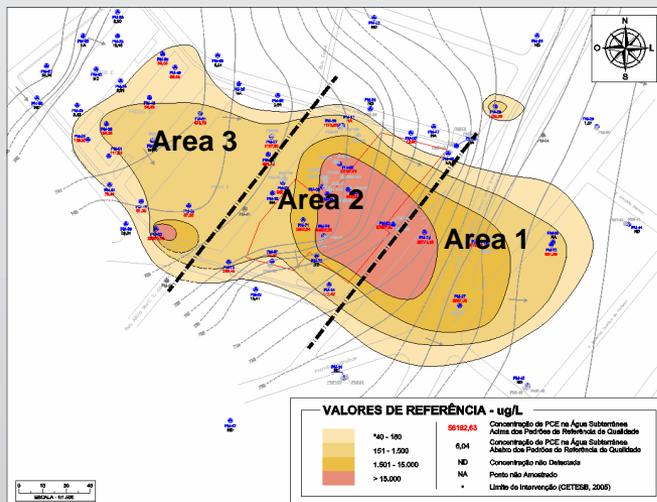
## Brasil

# CASE #01

## Investigação e Remediação

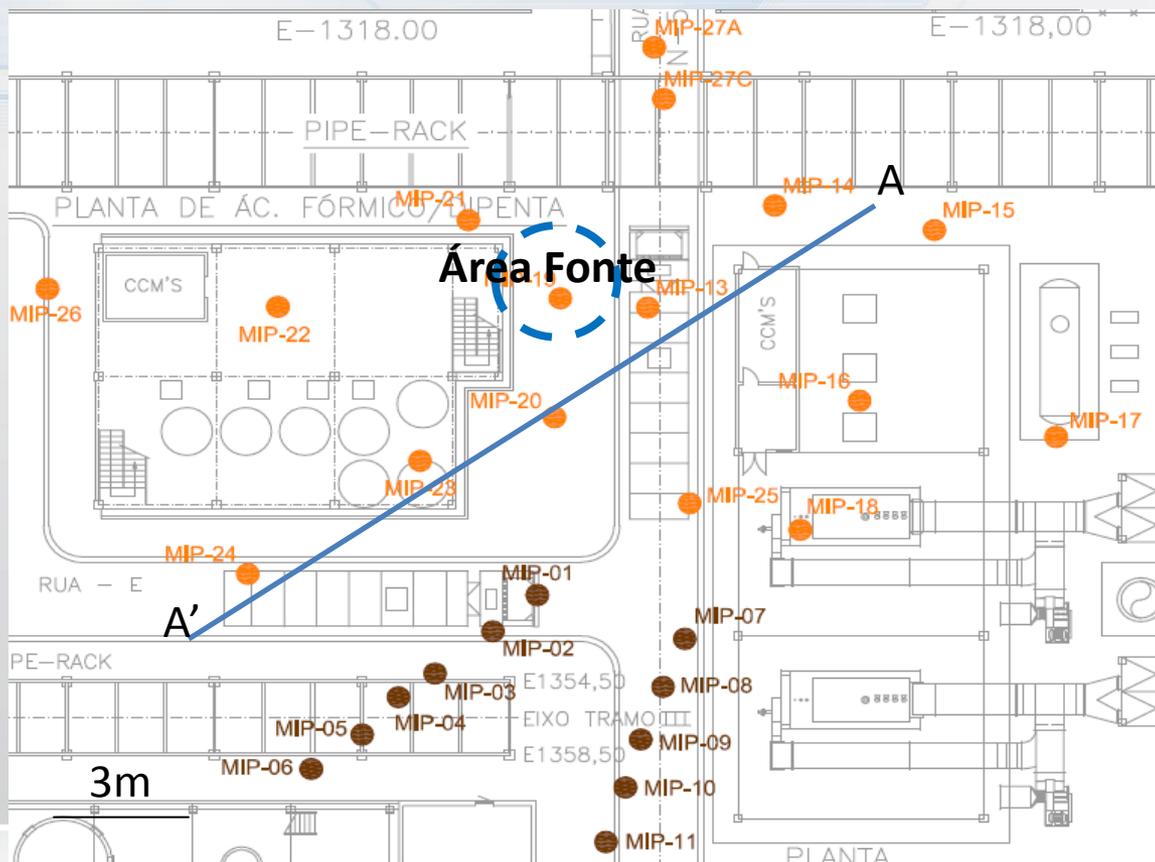


- Área 1 – Área externa – intrusão de vapores – área comercial e residencial
- Área 2 – Construção A – Principal fonte de VOC (PCE-DNAPL e pluma de fase dissolvida). Operação de Barreira Hidráulica, Sistema de Bombeamento (Centro de Massa) e Sistema Extração de Vapores do Solo
- Área 3 – Outras Fontes de VOCs



# CASE #02

## Investigação com ferramentas de alta resolução em área industrial desativada

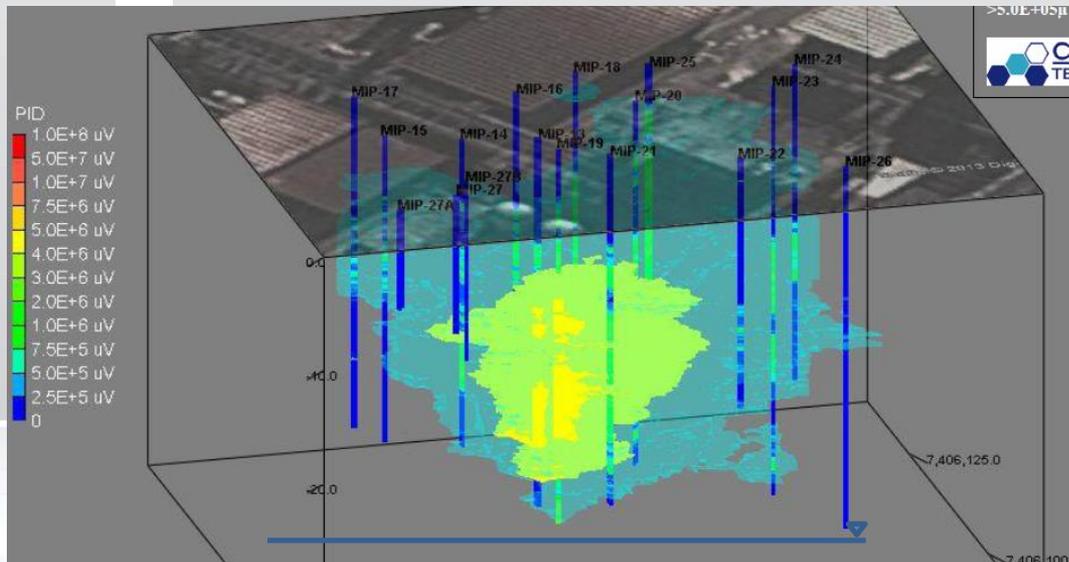
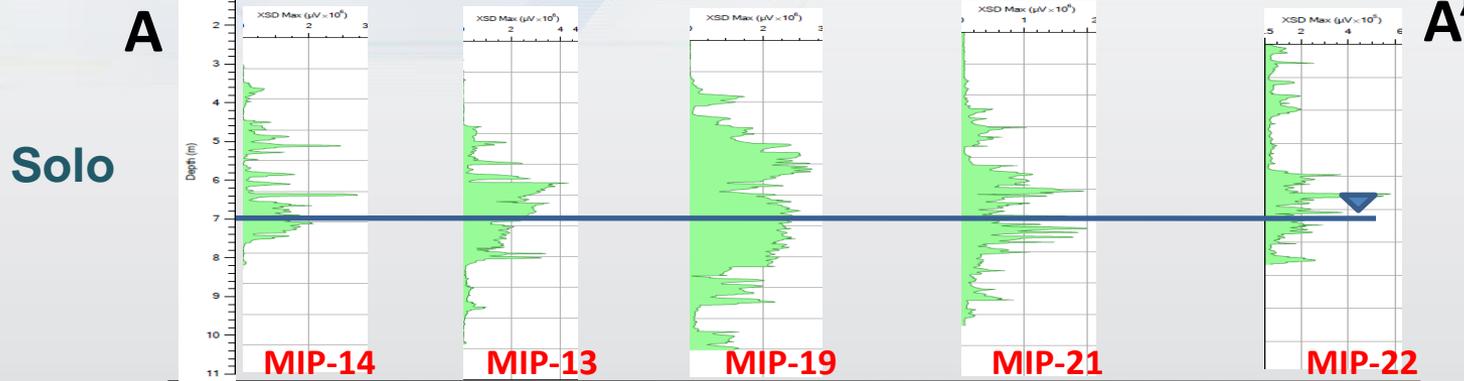


### LEGENDA

-  MIP-01 Pontos de MIP - 1ª Etapa
-  MIP-13 Pontos de MIP - 2ª Etapa

# CASE #02

## Investigação com ferramentas de alta resolução em área industrial desativada



# CASE #03

## Lixão Alemoa - BTP



## CASE #03

### Lixão Alemoa – BTP



Por mais de 50 anos recebeu diversos resíduos, como:

Industriais,  
Domésticos,  
Hospitalares,

Construção civil,  
Transporte ferroviário,  
Dentre outros.

Construído sem estruturas de confinamento e de controle ambiental, a operação do lixão acarretou na contaminação do solo e água subterrânea locais.

final 2002 -atividades interrompida pela CETESB e Ministério Público.

## CASE #03

### Lixão Alemoa – BTP



**Construção:** Moderno Terminal Portuário destinado a operação de contêineres e granéis líquidos (concessão da área pela CODESP - Companhia Docas do Estado de São Paulo).

**Localização:** Santos/ SP, no bairro da Alemoa. Inserido na Zona Portuária – ZP, dentro dos limites do Porto Organizado, cuja autoridade portuária é a CODESP.

#### **Etapas necessárias para a construção:**

Revitalização/Recuperação Ambiental da área degradada (antigo Lixão da Alemoa);

Condição fundamental para execução do empreendimento.

# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP



### Situação antiga



# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP



### Situação proposta



# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP



### Situação proposta – Terminal de carga



**CASE #03**

**Lixão Alemoa – BTP**



## **Etapas do projeto ambiental**

- INVESTIGAÇÃO AMBIENTAL / AVALIAÇÃO DE RISCO**
- ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA REMEDIAÇÃO**
- REMEDIAÇÃO/ RECUPERAÇÃO/ REVITALIZAÇÃO**

# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP

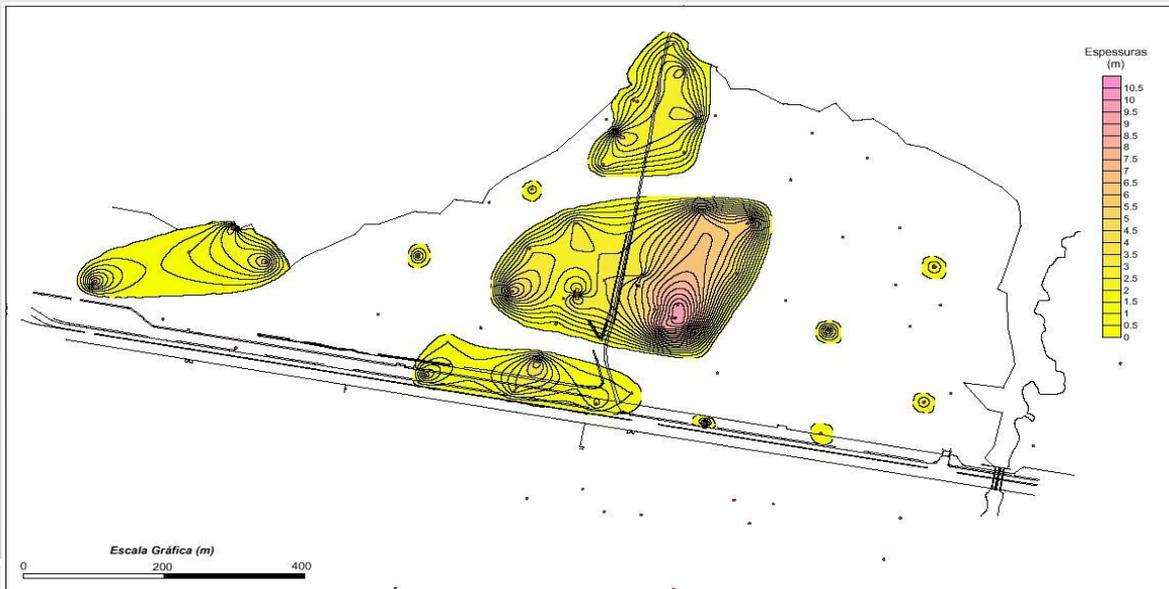
### Investigação ambiental



Área total : 340.000 m<sup>2</sup>

Volume de resíduos: ~ 680.000m<sup>3</sup>

A maior parte dos resíduos encontrados foram na área central e em contato com o aquífero local.



### Resultados:

- 100 sondagens
- 70 PM
- Ausência de Risco à Saúde Humana

Mapa de Isoespessura do resíduo

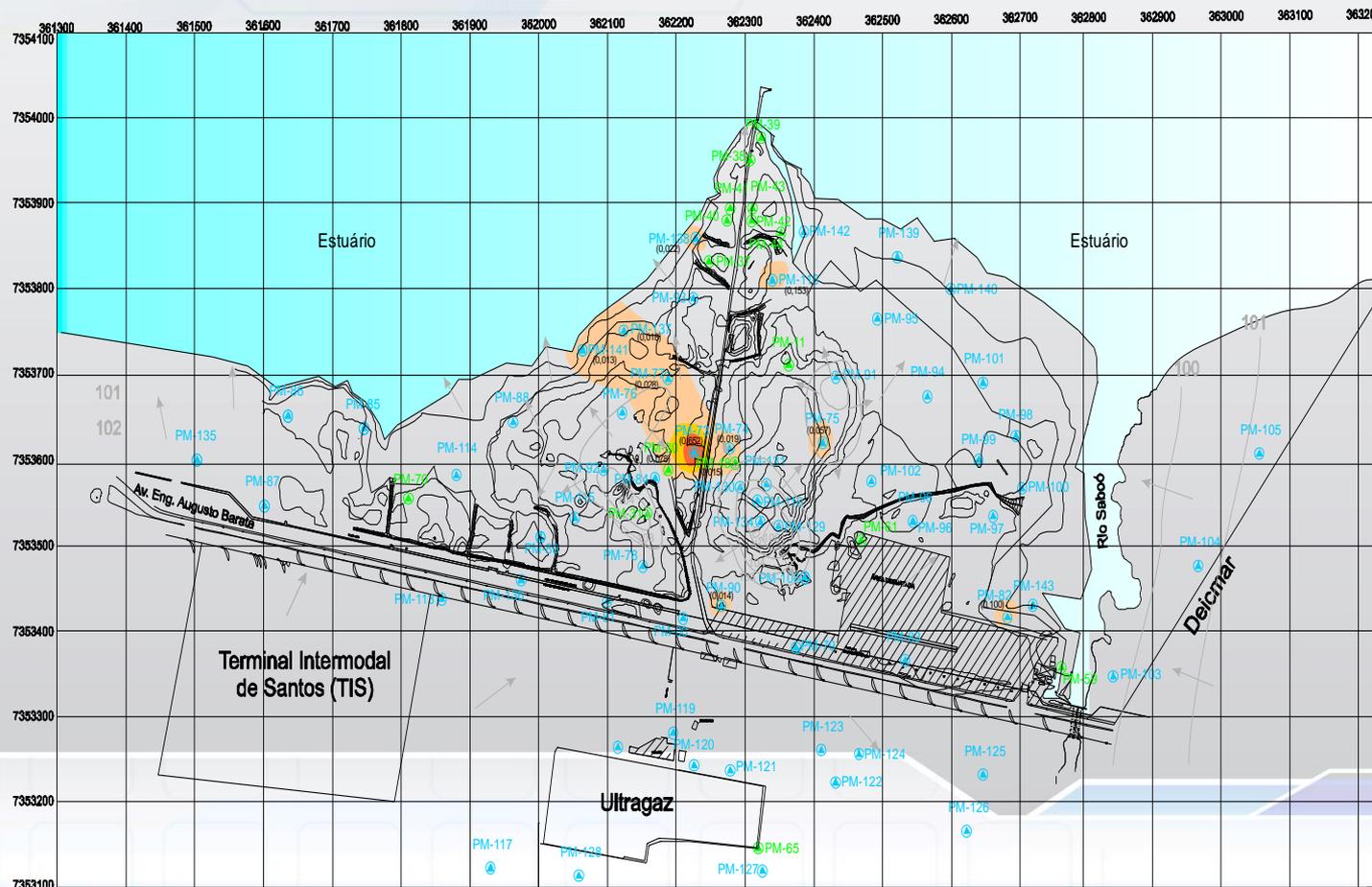
# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP

### Investigação ambiental



## Plumas na água subterrânea: Benzeno, Mercúrio, Cloreto de Vinila e Chumbo



# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP

### Atividades realizadas:

### Remediação



#### **1- Escavação e destinação adequada dos resíduos/solo contaminado;**

Liberação das células para escavação;

Monitoramento /controle de gases na escavação;

Gerenciamento do transporte /destinação;

Destinação Off-Site (Essencis – Caieras) ;

Coleta de amostras no fundo das células escavadas

#### **2- Monitoramento/ Tratamento dos efluentes (ETE- WTP I);**

#### **3- Monitoramento das águas subterrâneas;**

#### **4- Relatórios ambientais;**

#### **5- Gerenciamento ambiental das obras civis;**

#### **6- Monitoramento da Área Pós-remediação.**

# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP



### Escavação de resíduos



# CASE #03

## Lixão Alemoa – BTP

### Encerramento das atividades



Jan. 12 - 95% da área já estava remediada



Jan. 2013 - 100% da área já estava remediada

## CASE #03

Lixão Alemoa – BTP

Encerramento das atividades



**Mar. 2012, totalizando:**

**1.138.203,18** toneladas de resíduos destinados;

28.955 viagens para destinação dos resíduos;

Em **336 dias** de operação sendo **13%** no período de 24h;

Equipe Essencis/Waterloo - ~60 colaboradores.

# CASE #04

## Lixão de Itabira - MG:

### Recuperação de área degradada



- Adequação do sistema de **destinação final de resíduos sólidos urbanos** do município de Itabira/MG;
- **Elaboração de Estudos**, Projetos e Regularização Ambiental (Licenciamento ambiental, outorga para canalização, Investigação Ambiental Confirmatória);
- **Intervenção Emergencial no Lixão** (Canalização de curso d'água, Instalação de drenos verticais, Escavação e disposição de resíduos para conformação);
- **Implantação do Aterro Sanitário**;
- **Encerramento do Lixão** (Cobertura do lixão, revegetação, drenagens de águas limpas e chorume).

## CASE #04

# Lixão de Itabira - MG: Recuperação de área degradada



## Intervenção e Canalização de Nascente



Antes



Obra

## CASE #04

# Lixão de Itabira - MG: Recuperação de área degradada



### Bombeamento de Água



Antes



Depois

# CASE #04

## Lixão de Itabira - MG: Recuperação de área degradada



### Instalação de Drenos Verticais



# CASE #04

## Lixão de Itabira - MG: Recuperação de área degradada



### Construção do dique de separação do Lixão com o Aterro Sanitário



# CASE #04

## Lixão de Itabira - MG: Recuperação de área degradada



### Movimentação de Resíduos e Reacomodação



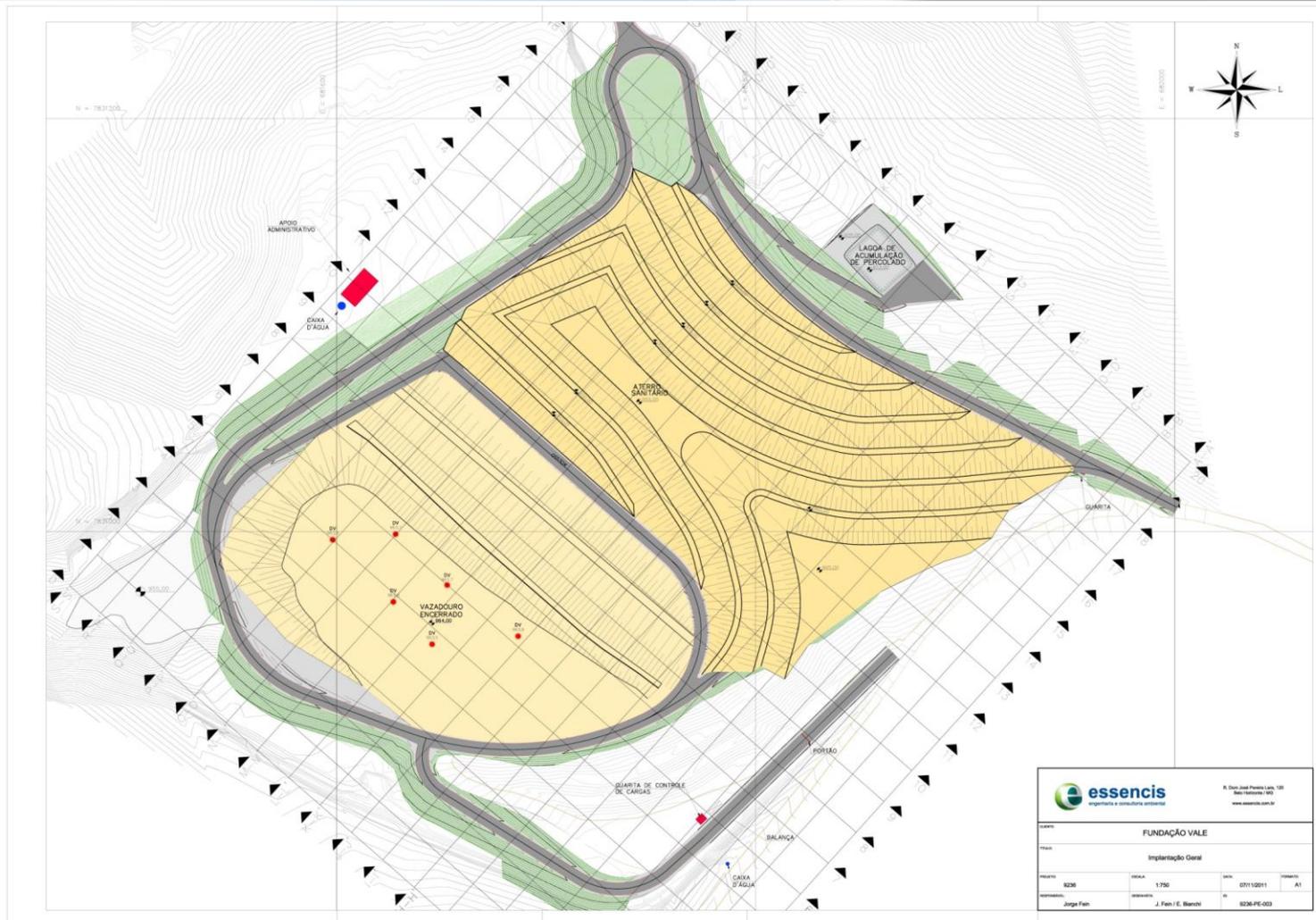
Março/2010



Março/2011

# CASE #04

## Lixão de Itabira - MG: Projeto aterro



# CASE #04

## Lixão de Itabira - MG: Projeto aterro



Março/2012



12/03/2012

## CASE #05

# Solidificação de Borras Oleosas Mantovani – Santo Antônio da Posse, SP



- ❑ Gerenciamento de obras;
- ❑ Solidificação de 11.200 t de borras oleosas;
- ❑ Transporte e destinação final para o co-processamento.



**Solidificação do  
material**



**Carregamento**

# CASE #06

## Aterro Mantovani



# CASE #06

## Aterro Mantovani



### Remediação de vala com Borra Oleosa

- **Escopo:** Solidificação/ Escavação/ Transporte e Destinação Final
- **Clientes:** Pool de 38 empresas signatárias
- **Volume:** 11.200 t de borras oleosas – co processamento
- **Dimension :** ~ 6.000 m<sup>2</sup> (100 x 60 m)
- **Plazo:** 4 meses de projecto
  
- Essencis + Tecnogeo (Tecnologia Finlandesa de solidificação)





# OBRIGADA!

Giovanna Setti

E-mail: [gsetti@essencis.com.br](mailto:gsetti@essencis.com.br)

Site: [www.aesas.com.br](http://www.aesas.com.br)



Associação Brasileira das Empresas  
de Consultoria e Engenharia Ambiental