

PHA 3203


Engenharia Civil e Meio Ambiente

AULA 7

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E
REMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS



Solos Contaminados e Degradados



Vamos antes recordar brevemente
os conceitos de solo e água subterrânea ...

Agenda da aula:

- O que é degradação ambiental
- Áreas degradadas
 - ✓ Papel da engenharia civil na recuperação de áreas degradadas
 - ✓ Exemplos
- Áreas contaminadas
 - ✓ Papel da engenharia civil na remediação de áreas contaminadas
 - ✓ Exemplos

O que é degradação ambiental?

- ✓ “qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais, ou alteração adversa da qualidade ambiental” (Sánchez, 2014)
- ✓ Nesse conceito está incluída qualquer alteração de um ambiente e qualquer tipo de ambiente. É um impacto ambiental negativo.

Áreas Degradadas

1. Locais onde os *processos naturais* encontram-se em situação de desequilíbrio, impossibilitando seu uso sustentável

Ex.: processos erosivos intensos

2. Áreas da quais foram suprimidos *componentes* essenciais para manutenção de suas funções ecológicas

Ex.: cobertura vegetal / horizontes superficiais do solo

Áreas Degradadas

3. Áreas que sofreram qualquer perturbação percebida como danosa ou indesejável

Ex. Alterações paisagísticas; degradação do ambiente construído

4. Áreas em que há presença de substâncias perigosas para a saúde humana e ecossistemas

Ex. Áreas contaminadas

Degradação ambiental e seus efeitos:

- perda de capital ou patrimônio natural
- perda das funções ambientais
- alterações paisagísticas
- qualquer situação criada pelo homem que represente risco à saúde ou à segurança

Fonte: Sánchez e Gallardo (2012).

EXEMPLOS:

1. Locais onde os *processos naturais* encontram-se em situação de desequilíbrio, impossibilitando seu uso sustentável – processos erosivos intensos
2. Áreas das quais foram suprimidos *componentes* essenciais para manutenção de suas funções ecológicas – supressão da cobertura vegetal e dos horizontes superficiais do solo



Exemplos: minerações abandonadas em áreas urbanas e rurais

Outros exemplos de áreas degradadas



1 – áreas de empréstimo contíguas a rodovia não recuperadas;

2 - escorregamento decorrente de falta de implantação de sistema de drenagem em rodovia;

3 – processos erosivos não recuperados em taludes marginais provocados pelo enchimento do reservatório

EXEMPLOS:

3. Áreas que sofreram qualquer perturbação percebida como danosa ou indesejável

Ex. Alterações paisagísticas; degradação do ambiente construído



<http://jconline.ne10.uol.com.br/canal/cidades/noticia/2012/04/07/familias-resistem-em-deixar-casas-em-areas-de-risco-na-mata-sul-38413.php>

Cidades com ocupação irregular em áreas de preservação permanente (cursos d'água)



Área urbana (acima) e Área rural (ao lado) degradadas por chuva ácida



EXEMPLOS:

4. Áreas em que há presença de substâncias perigosas para a saúde humana e ecossistemas

Ex. Áreas contaminadas



Área contaminada na USP Leste. Disponível em:
<http://ultimosegundo.ig.com.br/educacao/2013-09-11/professores-da-usp-leste-entram-em-greve-apos-constatacao-de-metano-no-campus.html>



Fonte: Cetesb

PERIGO

**ÁREA
CONTAMINADA**



Quais atividades podem desencadear áreas degradadas?

Uso e ocupação do solo e intervenções de engenharia



Uso e ocupação do solo e intervenções de engenharia



Fonte: L.E. Sánchez



Algumas atividades que podem desencadear áreas degradadas:

- Agricultura, pecuária, silvicultura
- Mineração
- Obras civis (rodovias, barragens, dutos...)
- Urbanização
- Indústrias
- Disposição de resíduos sólidos
-



**Uso e ocupação do solo
X
áreas degradadas**



Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

1) Acidentes tecnológicos

2) Intervenções não planejadas

3) Intervenções planejadas

4) Aplicações deficientes de técnicas e procedimentos preventivos

Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

- 1) Acidentes Tecnológicos:
Ex.: operação de indústrias



Exemplo:

Ruptura de barragem de rejeito da mineração (de bauxita)
Rio Pomba Guataguases em 2007.



Dois bilhões de litros de
lama sobre municípios de
Minas e do Rio, em 2003.

Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

2) Intervenções não ou mal planejadas.

Ex. lançamento de lixo em boçorocas



Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

3) Intervenções planejadas. Ex. Implantação de urbanização.

- a) Implantação de projetos urbanísticos com grande movimentação de terra sem implantação de sistema de drenagem
- b) Deficiência de sistema de drenagem em áreas altamente suscetíveis a processos erosivos.

a)



b)



Exemplo:

Conjunto habitacional Santa Etelvina, Cohab, SP - década de 80
(Fonte: Manual de Habitação, 2001)



Foto: A.R. Santos

Terraplenagem de grande porte: 5.000.000 m³ (21% da UHE Itaipu)

saldo: custo final de cada residência (incluindo o de recuperação) - valor de mercado equivalente a um apartamento na Av. Paulista

Contextos mais frequentes para desencadear áreas degradadas:

4) Aplicações deficientes de técnicas e procedimentos preventivos




Recuperação de Áreas Degradadas

Recuperação de áreas degradadas:

Conceito: é o resultado da aplicação de técnicas de engenharia visando tornar uma área degradada apta para um novo uso produtivo

- ✓ novo uso: igual ou diferente do uso que precedeu a ação que causou a degradação



**Qual o papel da engenharia civil
na recuperação de áreas degradadas?**

Princípios gerais para Recuperação de Área Degradada:

- **estabilidade física:** processos do meio físico em equilíbrio dinâmico
- **estabilidade química:** métodos químicos ou biológicos para eliminar, neutralizar, imobilizar ou confinar elementos contaminantes presentes

Conhecimento da engenharia civil:

- **Geotécnica:** estabilidade de taludes, mecânica dos solos
- **Hidráulica:** implantação de sistemas de drenagem

Recuperação de área degradada

Exemplo: Construção da pista descendente da rodovia dos Imigrantes

- a) área degradada da construção da 1ª pista**
- b) necessidade de área para bota-fora de material excedente de escavação de túnel**
- c) projeto geotécnico para recuperação de bota-fora**
- d) uso futuro como bota-fora de estéril**
- e) recuperação para incorporação da área no Parque Estadual da Serra do Mar**

Exemplo: Recuperação de área degradada



Exemplo: Recuperação de área degradada



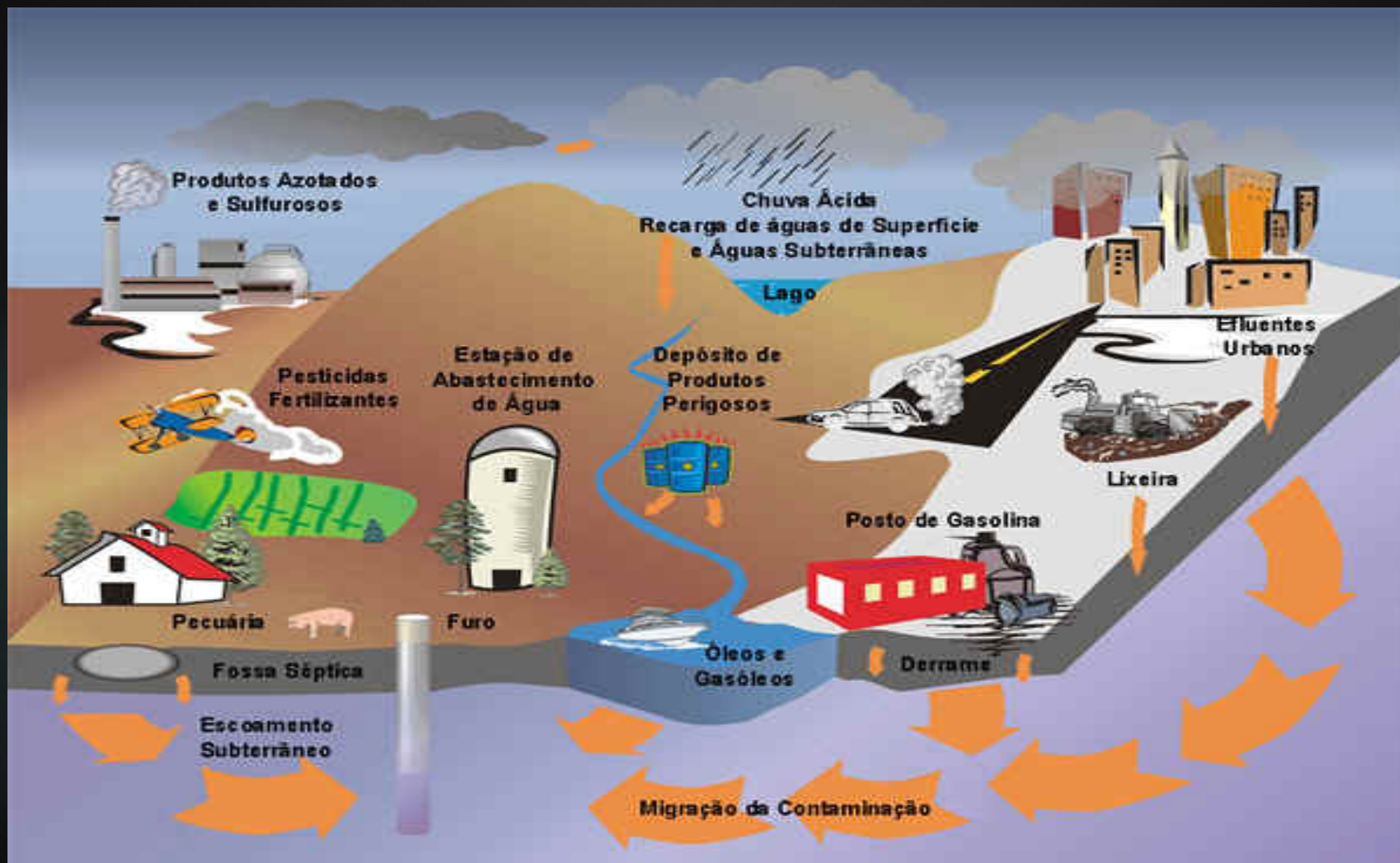
Exemplo: Recuperação de área degradada



Exemplos: áreas degradadas recuperadas



Fontes de contaminação em áreas urbanas



● Polo industrial de Cubatão (1950):

- 23 indústrias: siderurgia, fertilizantes, minerais não-metálicos (cimento, gesso e concreto), refino de petróleo, química e petroquímica

1966 → CLOROGIL (solventes e fungicidas clorados):

- Capacidade de produção de 950 T/ano;
- Geração de 2,6 T/dia de resíduos tóxicos.



1974 → grupo Rhône-PROGIL:

- Geração de 500 T/ano de resíduos tóxicos;
- 53 T/mês lançadas em vala clandestina (5.000 T).
- 15.000 T de resíduos lançados nos entornos dos municípios da região.



Vila Parisi, Cubatão-SP

em 1983:

*** 320 fontes de poluição
(ar, águas e solo)**

Decreto Nº 22.636, de 3 de setembro de **1984**

Declara Nível de Emergência para a Região de Cubatão-Vila Parisi

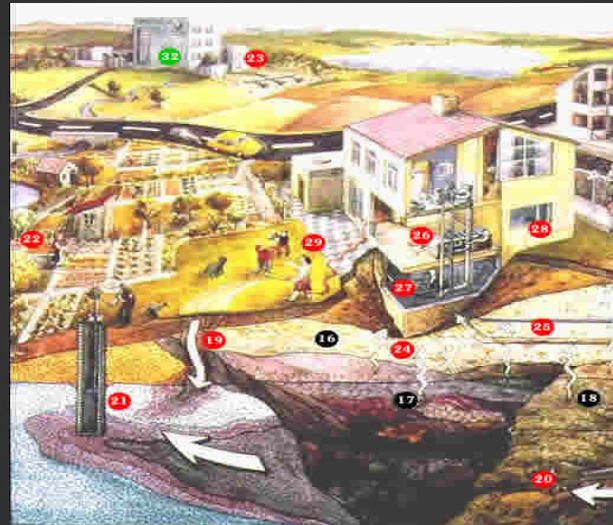
Considerando que os índices de poluição relativos a material particulado na estação medidora de Vila Parisi ultrapassaram os níveis de emergência previstos na legislação

ÁREAS CONTAMINADAS: PROBLEMA AMBIENTAL URBANO

Resíduos → contaminação → riscos à saúde



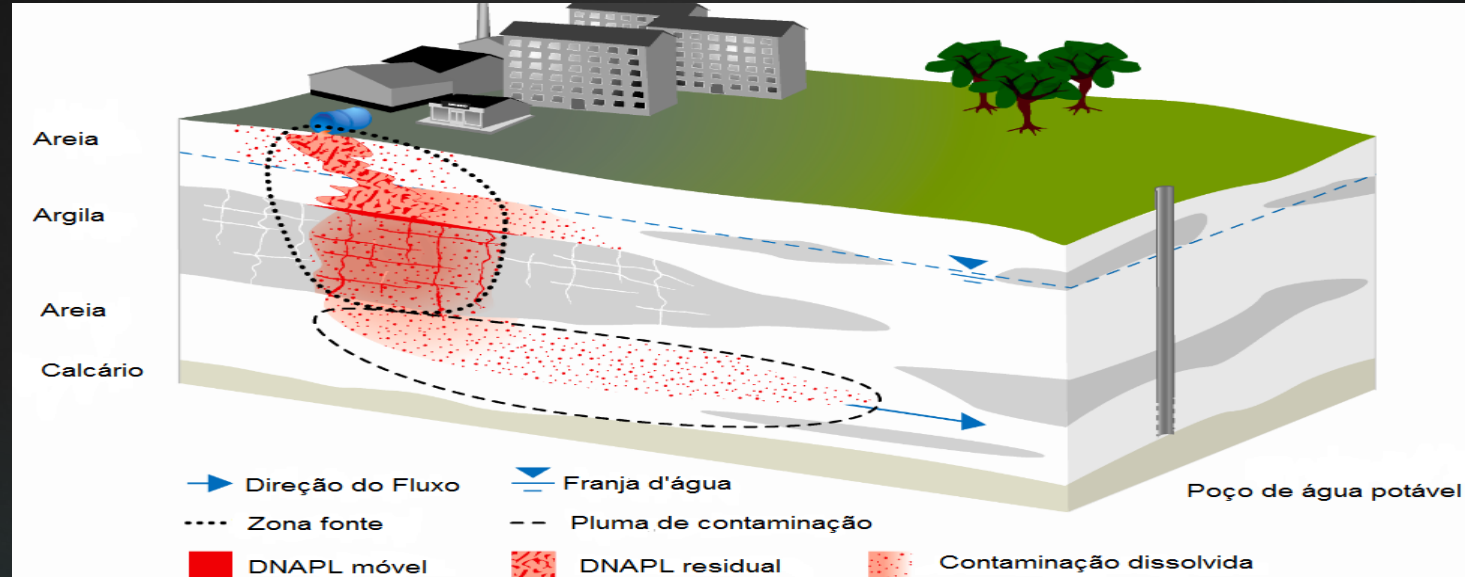
Disponível em:
<http://axelgrael.blogspot.com.br/2009/11/conama-regulamenta-remediacao-de-areas.html>



Disponível em: <http://lixotratado.blogspot.com.br/>



Disponível em: <http://www.agsolve.com.br/noticias/campos-minados-a-situacao-de-quatro-terrenos-contaminados-no-estado-do-rio>



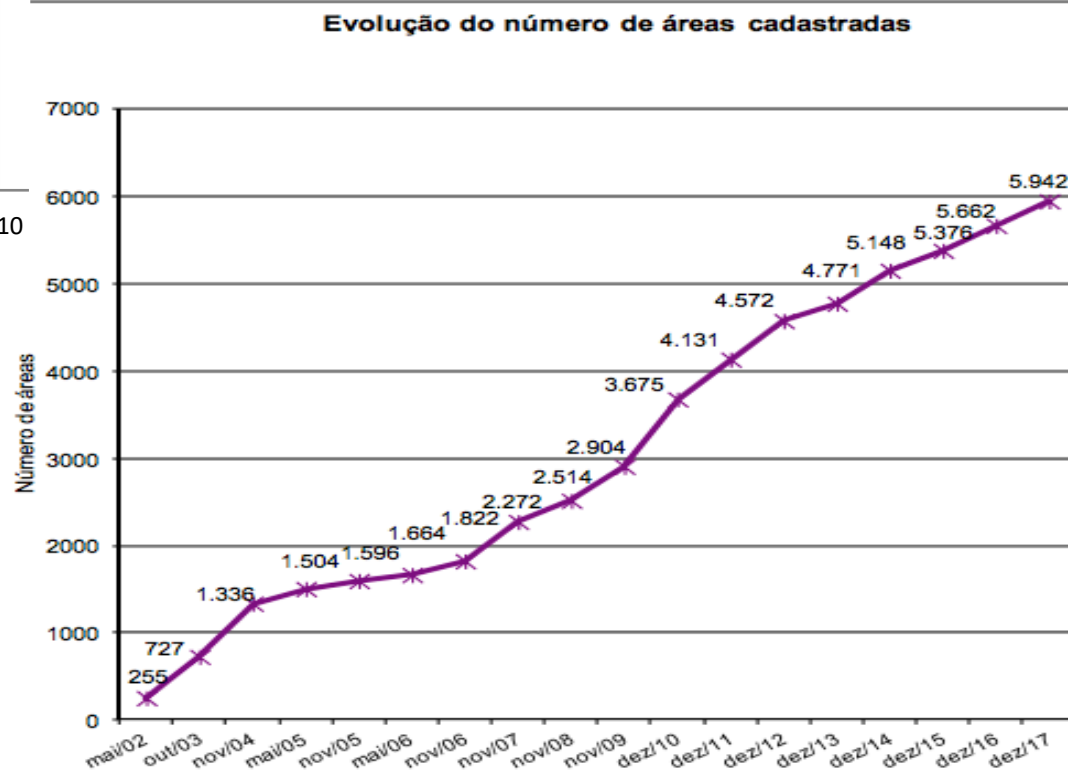
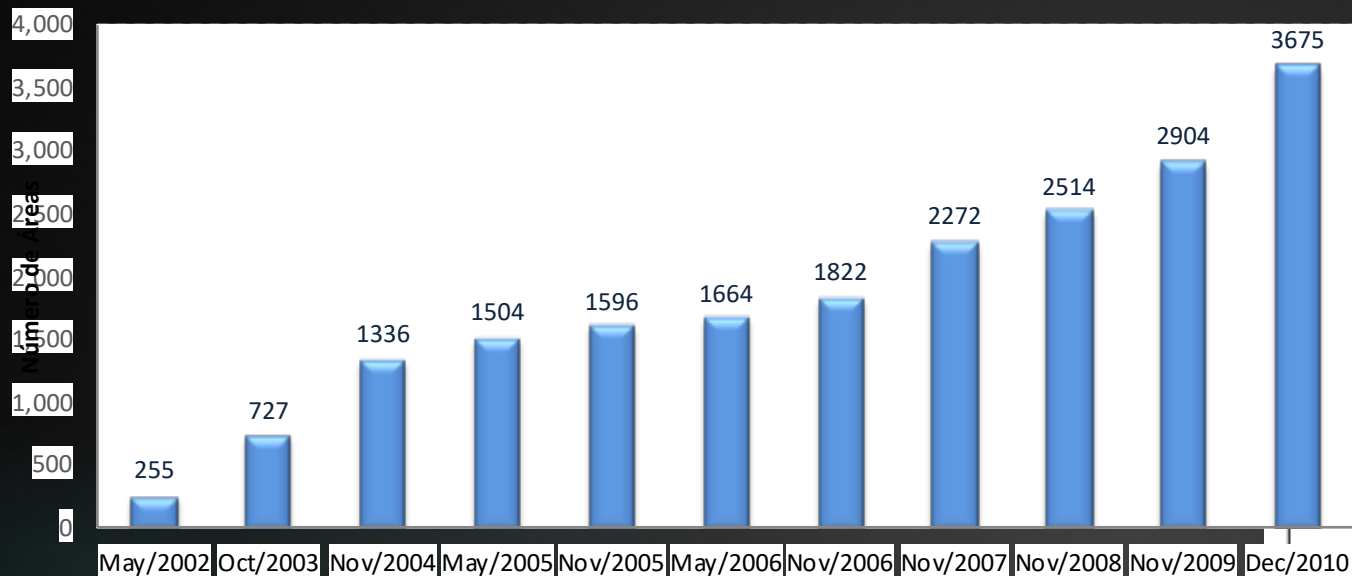
Área Contaminada

- Área, região ou local onde há comprovadamente contaminação do solo e das águas subterrâneas.
- Contaminação é causada pela introdução de substâncias ou resíduos dispostos, enterrados ou infiltrados.



No Estado de São Paulo:

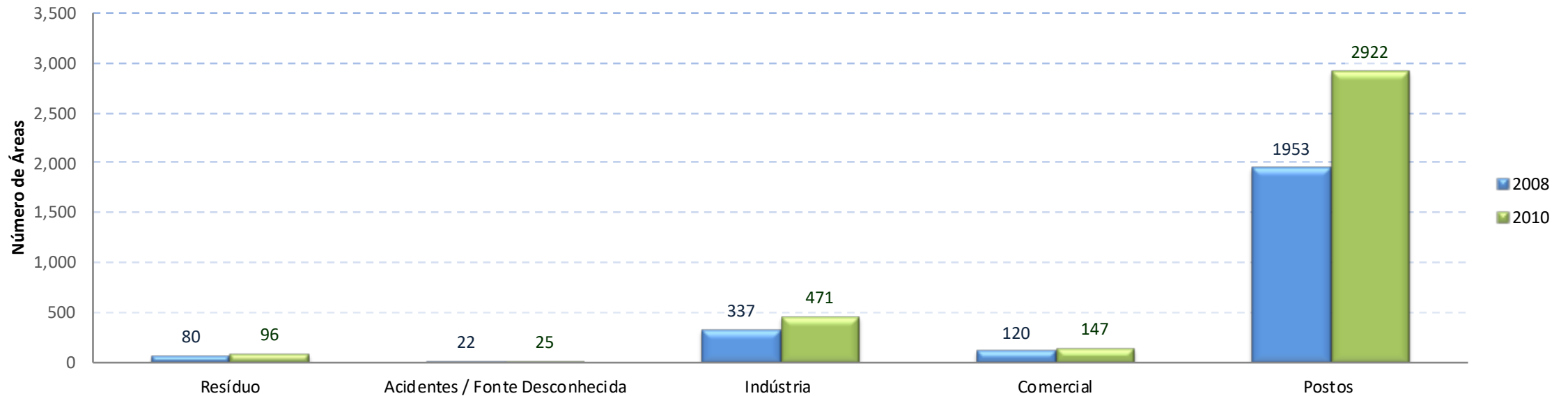
Evolução do Número de Áreas Contaminadas em São Paulo (Fonte: Cetesb, 2010, 2013, 2017)



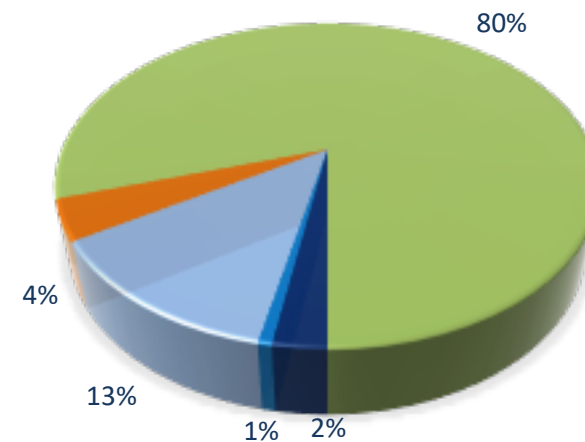
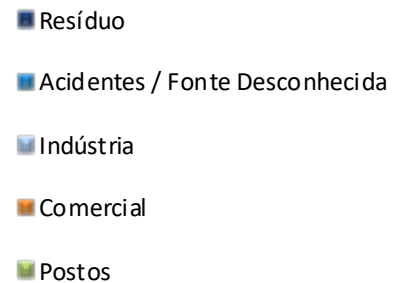
Dados da Cetesb de dezembro de 2013: 4.771 áreas contaminadas no ESP;
2017: 5.942 áreas contaminadas no ESP

Evolução do Número de Áreas Contaminadas (Fonte: Cetesb, 2010)

Áreas Contaminadas por Atividade

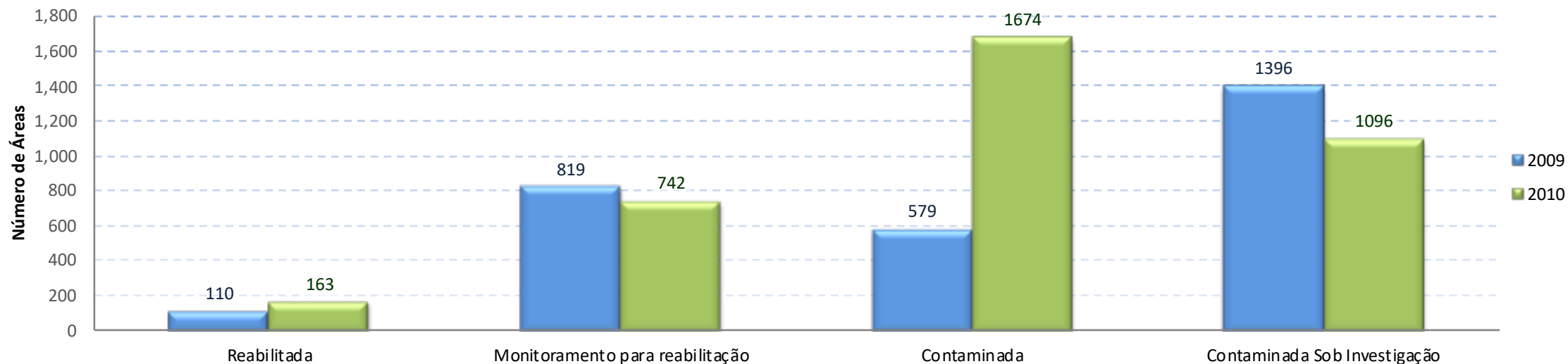


Áreas Contaminadas por Atividade 2010

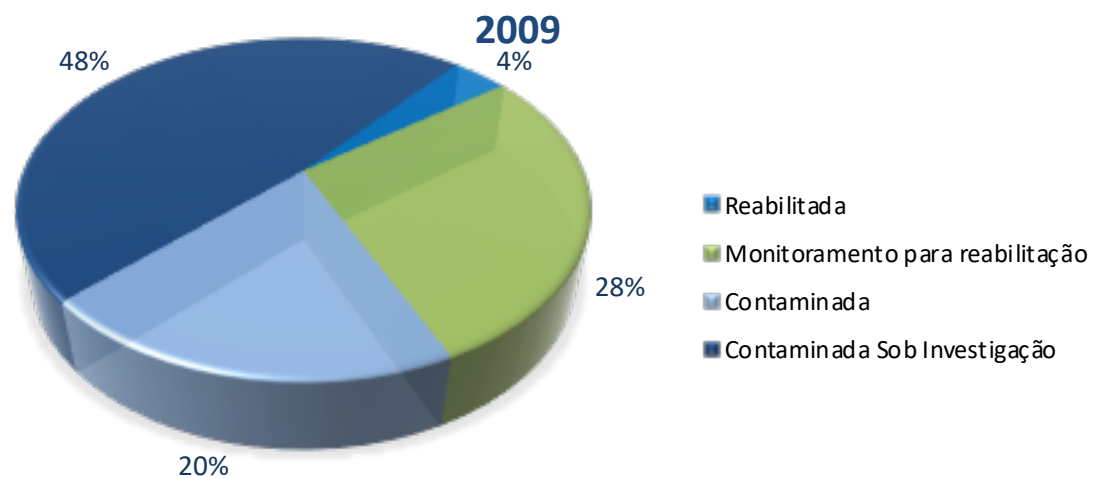


Casos de Áreas Contaminadas por Segmento (Fonte: Cetesb, 2010)

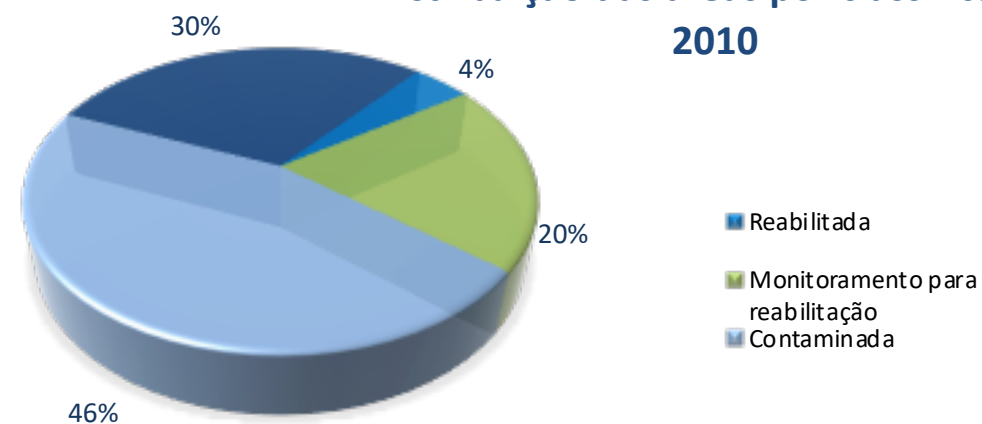
Distribuição das áreas por classificação



Distribuição das áreas por classificação



Distribuição das áreas por classificação



BROWNFIELDS



Áreas com instalações industriais e comerciais abandonadas, ociosas ou subutilizadas com potencial de estarem contaminadas ou áreas urbanas potencialmente contaminadas

Remediação de Áreas Contaminadas


Remediação de áreas degradadas:

Conceito: é o resultado da aplicação de técnicas de engenharia visando tornar uma área contaminada apta para um novo uso

- ✓ novo uso: igual ou diferente do uso que precedeu a ação que causou a degradação
- ✓ o uso futuro proposto vai condicionar **o nível de descontaminação** a ser atingido

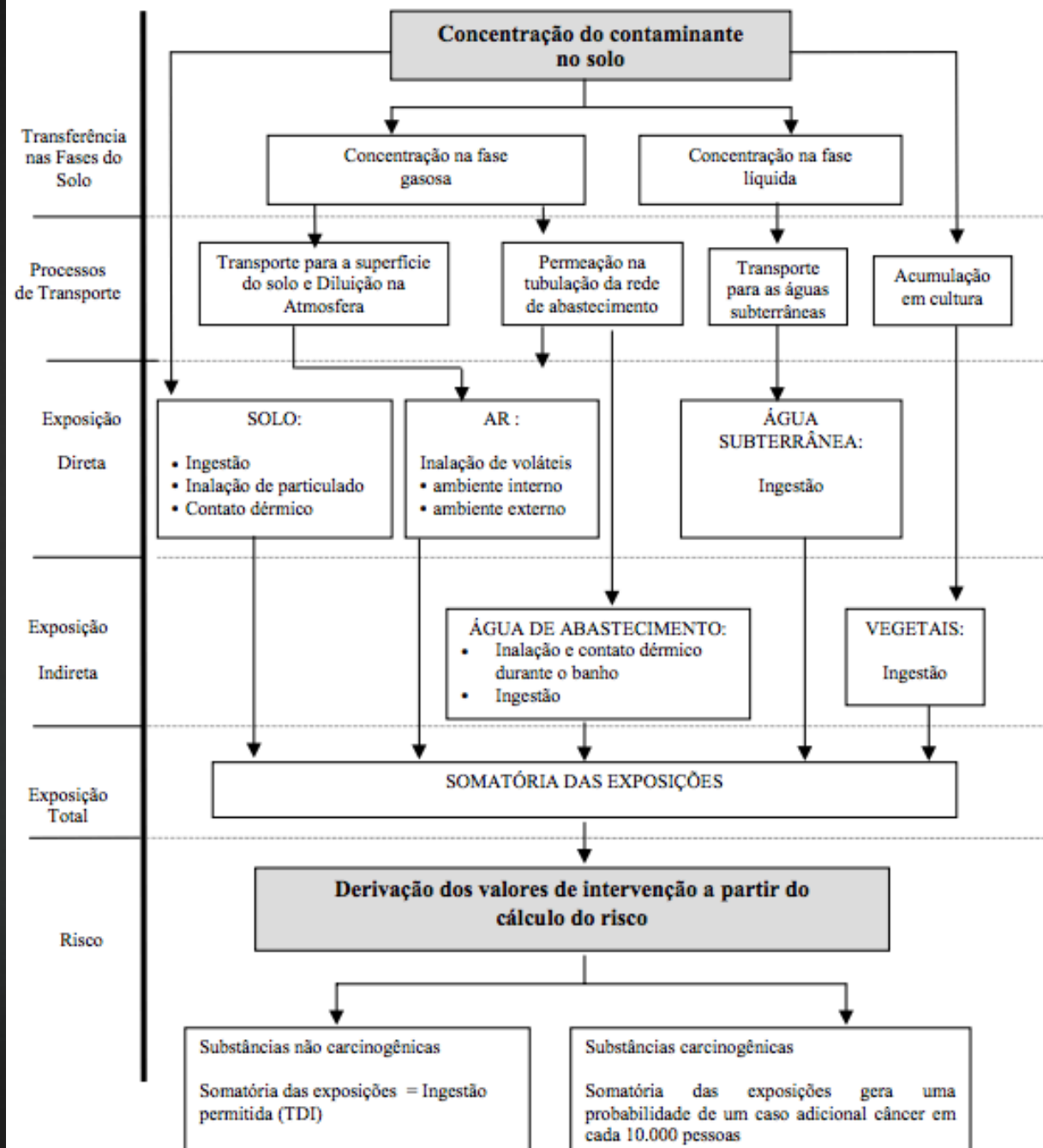


**Como se realiza a avaliação
da poluição no solo?**



Os Valores Orientadores para solo e água subterrânea são concentrações de substâncias químicas derivadas por meio de critérios numéricos e dados existentes na literatura científica internacional, para subsidiar ações de prevenção e controle da poluição, visando à proteção da qualidade dos solos e das águas subterrâneas e o gerenciamento de áreas contaminadas.

- **Valor de Prevenção – VP** é a concentração de determinada substância, acima da qual podem ocorrer alterações prejudiciais à qualidade do solo e da água subterrânea. Este valor indica a **qualidade de um solo capaz de sustentar as suas funções primárias, protegendo-se os receptores ecológicos e a qualidade das águas subterrâneas**. Para a manutenção da multifuncionalidade do solo deve-se considerar a *proteção da biota do solo* (receptores ecológicos), a *proteção da água subterrânea* (importante recurso hídrico) e a *proteção à saúde humana*.
- O valor **mais restritivo**, dentre estes três critérios, foi definido como o **valor de prevenção**.
- **Valor de Intervenção – VI** é a concentração de determinada substância no solo ou na água subterrânea acima da qual existem riscos potenciais, diretos ou indiretos, à saúde humana, considerado um cenário de exposição genérico.



VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO 2014 (A)

Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Subterrânea (µg L ⁻¹)
		Valor de Referência Qualidade	Valor de Prevenção	Valor de Intervenção (VI)			
		(VRQ)	(VP)	Agrícola	Residencial	Industrial	VI
INORGÂNICOS							
Antimônio ⁽¹⁾	7440-36-0	<0,5	2	5	10	25	5
Arsênio ⁽¹⁾	7440-38-2	3,5	15	35	55	150	10
Bário	7440-39-3	75	120	500	1300	7300	700
Boro	7440-42-8	-	-	-	-	-	2400
Cádmio	7440-43-9	<0,5	1,3	3,6	14	160	5
Chumbo	7439-92-1	17	72	150	240	4400	10
Cobalto ⁽¹⁾	7440-48-4	13	25	35	65	90	70
Cobre ⁽²⁾	7440-50-8	35	60	760	2100	10000 ⁽³⁾	2000
Crômio total ⁽¹⁾	7440-47-3	40	75	150	300	400	50
Crômio hexavalente	18540-29-9	-	-	0,4	3,2	10	-
Mercúrio	7439-97-6	0,05	0,5	1,2	0,9	7	1
Molibdênio	7439-98-7	<4	5	11	29	180	30
Níquel ⁽²⁾	7440-02-0	13	30	190	480	3800	70
Nitrato (como N)	14797-55-8	-	-	-	-	-	10000
Prata ⁽¹⁾	7440-22-4	0,25	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	0,25	1,2	24	81	640	10
Zinco	7440-66-6	60	86	1900	7000	10000 ⁽³⁾	1800
HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS VOLÁTEIS							
Benzeno	71-43-2	-	0,002	0,02	0,08	0,2	5
Estireno	100-42-5	-	0,5	50	60	480	20
Etilbenzeno	100-41-4	-	0,03	0,2	0,6	1,4	300
Tolueno	108-88-3	-	0,9	5,6	14	80	700
Xilenos	1330-20-7	-	0,03	12	3,2	19	500
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS							
Antraceno	120-12-7	-	0,3	2300	4600	10000 ⁽³⁾	900
Benzo(a)antraceno	56-55-3	-	0,2	1,6	7	22	0,4
benzo(b)fluoranteno	205-99-2	-	0,7	2	7,2	25	0,4
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	-	0,8	27	75	240	4,1
Benzo(g,h,i)perileno ⁽³⁾	191-24-2	-	0,5	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	-	0,1	0,2	0,8	2,7	0,7
Criseno	218-01-9	-	1,6	95	600	1600	41
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	-	0,2	0,3	0,8	2,9	0,04
Fenantreno ^(3,4)	85-01-8	-	3,6	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	-	0,4	3,4	8	30	0,4
Naftaleno	91-20-3	-	0,7	1,1	1,8	5,9	60

VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO 2014 (A)

Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Subterrânea (µg L ⁻¹)
		Valor de Referência Qualidade (VRQ)	Valor de Prevenção (VP)	Valor de Intervenção (VI)			VI
				Agrícola	Residencial	Industrial	
BENZENOS CLORADOS							
Clorobenzeno (Mono)	108-90-7	-	0,3	1,6	1,3	8,3	120
1,2-Diclorobenzeno	95-50-1	-	0,7	9,2	11	84	1000
1,3-Diclorobenzeno ⁽³⁾	541-73-1	-	0,4	-	-	-	-
1,4-Diclorobenzeno	106-46-7	-	0,1	0,3	0,6	2,1	300
1,2,3-Triclorobenzeno	87-61-6	-	0,01	0,4	1,1	6,1	20 ⁽⁴⁾
1,2,4-Triclorobenzeno	120-82-1	-	0,01	0,4	1	8,4	
1,3,5 Triclorobenzeno ⁽³⁾	108-70-3	-	0,5	-	-	-	
1,2,3,4- Tetraclorobenzeno ⁽³⁾	634-66-2	-	0,003	-	-	-	-
1,2,3,5- Tetraclorobenzeno ⁽³⁾	634-90-2	-	0,006	-	-	-	-
1,2,4,5-Tetraclorobenzeno	95-94-3	-	0,01	0,3	0,6	3,6	1,8
Hexaclorobenzeno	118-74-1	-	0,02	0,2	1,3	3,4	0,2
ETANOS CLORADOS							
1,1-Dicloroetano	75-34-3	-	0,02	0,1	0,6	1,7	53
1,2-Dicloroetano	107-06-2	-	0,001	0,01	0,03	0,09	10
1,1,1-Tricloroetano	71-55-6	-	0,2	140	120	690	2000
ETENOS CLORADOS							
Cloro de vinila	75-01-4	-	0,0002	0,001	0,01	0,03	2
1,1-Dicloroetano	75-35-4	-	0,04	2,8	3,8	22	30
1,2-Dicloroetano - cis	156-59-2	-	0,01	0,08	0,2	1,1	50 ⁽⁴⁾
1,2-Dicloroetano - trans	156-60-5	-	0,03	0,7	1	5,4	
Tricloroetano - TCE	79-01-6	-	0,004	0,03	0,04	0,2	20
Tetracloroetano - PCE	127-18-4	-	0,03	0,6	0,8	4,6	40
METANOS CLORADOS							
Cloro de Metileno (diclorometano)	75-09-2	-	0,02	0,1	0,4	2,1	20
Clorofórmio	67-66-3	-	0,06	0,1	0,8	4,5	300
Tetracloro de carbono	56-23-5	-	0,004	0,03	0,1	0,4	4
FENÓIS CLORADOS							
2-Clorofenol (o)	95-57-8	-	0,06	0,6	1,7	9,4	30
2,4-Diclorofenol	120-83-2	-	0,03	0,5	1,5	8,5	18
3,4 Diclorofenol ^(3,4)	95-77-2	-	0,05	1	3	6	10,5
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	-	0,1	68	170	960	600
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	-	0,1	0,6	1,6	9,6	200
2,3,4,5- Tetraclorofenol ^(3,4)	4901-51-3	-	0,09	7	25	50	10,5
2,3,4,6-Tetraclorofenol	58-90-2	-	0,01	34	85	480	180
Pentaclorofenol (PCP)	87-86-5	-	0,01	0,07	0,6	1,9	9

VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO 2014 (A)

Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Subterrânea (µg L ⁻¹)
		Valor de Referência Qualidade (VRQ)	Valor de Prevenção (VP)	Valor de Intervenção (VI)			VI
				Agrícola	Residencial	Industrial	
FENÓIS NÃO CLORADOS							
Cresóis totais	1319-77-3	-	0,2	14	33	190	600
Cresol-p	106-44-5	-	0,005	-	-	-	-
Fenol	108-95-2	-	0,2	24	65	370	900
ÉSTERES FTÁLICOS							
Dietilexil ftalato (DEHP)	117-81-7	-	1	36	250	730	8
Dietil ftalato	84-66-2	-	0,5	33	100	550	4,8
Dimetil ftalato ⁽¹⁾	131-11-3	-	0,25	0,5	1,6	3	14
Di-n-butil ftalato	84-74-2	-	0,1	44	140	850	600
PESTICIDAS ORGANOCLORADOS							
Aldrin	309-00-2	-	0,02	0,4	0,8	6	0,03 ^(b)
Dieldrin	60-57-1	-	0,01	0,3	0,8	5,9	
Endrin	72-20-8	-	0,001	0,8	2,5	17	0,6
Carbofuran	1563-66-2	-	0,0001	0,3	0,7	3,8	7 (B)
Endossulfan	115-29-7	-	0,7	4,7	12	66	20 ^(c)
DDD	72-54-8	-	0,02	1	7,5	23	
DDE	72-55-9	-	0,01	1,2	8,5	25	1 ^(b)
DDT	50-29-3	-	0,01	5,5	22	82	
HCH alfa	319-84-6	-	0,0003	0,002	0,02	0,04	0,05
HCH beta	319-85-7	-	0,001	0,01	0,06	0,2	0,17
HCH – gama (Lindano)	58-89-9	-	0,001	0,008	0,06	0,2	2
OUTROS							
PCBs Indicadores ⁽⁵⁾	NA	-	0,0003	0,01	0,03	0,12	3,5
TBT e seus compostos ⁽⁶⁾	NA	-	0,24	16	1,7	270	0,09
Anilina	62-53-3	-	0,023	0,15	0,7	3,2	42

(1): Mantidos os valores orientadores da Resolução CONAMA 420/2009.

(2): Mantidos os valores de prevenção da Resolução CONAMA 420/2009.

(3): Substâncias que não constam da planilha CETESB (versão maio de 2013).

(4): Mantidos os valores de intervenção da Resolução CONAMA 420/2009.

(5): Somatória dos congêneres 28, 52, 101, 118,138,153,180 para investigação confirmatória; na investigação detalhada a lista de congêneres deve ser ampliada.

(6): Valores derivados com as propriedades do óxido de tributil (CAS nº 56-35-9).

(a): Adotado valor limite de 1% do peso seco do solo (10.000 mg kg⁻¹).

(b): Somatória dos isômeros ou metabólitos.

(c): Somatória de endossulfan e sais.

Obs.: Na determinação de substância inorgânica no solo, para a digestão ácida, seguir as recomendações dos métodos 3050 e 3051 (USEPA-SW-846), ou procedimento equivalente, exceto para mercúrio.

(A) Tabela publicada no Anexo Único da DD 45/2014/E/C/I, de 20 de fevereiro de 2014;

(B) VI para água subterrânea do carborfuran retificado pela DD 330/2014/E/C/I, de 05 de novembro de 2014.

VALORES ORIENTADORES PARA SOLO E ÁGUA SUBTERRÂNEA NO ESTADO DE SÃO PAULO 2014 (A)

Substância	CAS Nº	Solo (mg kg ⁻¹ peso seco)					Água Subterrânea (µg L ⁻¹)
		Valor de Referência Qualidade	Valor de Prevenção	Valor de Intervenção (VI)			
		(VRQ)	(VP)	Agrícola	Residencial	Industrial	VI
INORGÂNICOS							
Antimônio ⁽¹⁾	7440-36-0	<0,5	2	5	10	25	5
Arsênio ⁽²⁾	7440-38-2	3,5	15	35	55	150	10
Bário	7440-39-3	75	120	500	1300	7300	700
Boro	7440-42-8	-	-	-	-	-	2400
Cádmio	7440-43-9	<0,5	1,3	3,6	14	160	5
Chumbo	7439-92-1	17	72	150	240	4400	10
Cobalto ⁽²⁾	7440-48-4	13	25	35	65	90	70
Cobre ⁽²⁾	7440-50-8	35	60	760	2100	10000 ⁽³⁾	2000
Crômio total ⁽¹⁾	7440-47-3	40	75	150	300	400	50
Crômio hexavalente	18540-29-9	-	-	0,4	3,2	10	-
Mercúrio	7439-97-6	0,05	0,5	1,2	0,9	7	1
Molibdênio	7439-98-7	<4	5	11	29	180	30
Níquel ⁽²⁾	7440-02-0	13	30	190	480	3800	70
Nitrato (como N)	14797-55-8	-	-	-	-	-	10000
Prata ⁽²⁾	7440-22-4	0,25	2	25	50	100	50
Selênio	7782-49-2	0,25	1,2	24	81	640	10
Zinco	7440-66-6	60	86	1900	7000	10000 ⁽³⁾	1800
HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS VOLÁTEIS							
Benzeno	71-43-2	-	0,002	0,02	0,08	0,2	5
Estireno	100-42-5	-	0,5	50	60	480	20
Etilbenzeno	100-41-4	-	0,03	0,2	0,6	1,4	300
Tolueno	108-88-3	-	0,9	5,6	14	80	700
Xilenos	1330-20-7	-	0,03	12	3,2	19	500
HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS							
Antraceno	120-12-7	-	0,3	2300	4600	10000 ⁽³⁾	900
Benzo(a)antraceno	56-55-3	-	0,2	1,6	7	22	0,4
benzo(b)fluoranteno	205-99-2	-	0,7	2	7,2	25	0,4
Benzo(k)fluoranteno	207-08-9	-	0,8	27	75	240	4,1
Benzo(g,h,i)perileno ⁽³⁾	191-24-2	-	0,5	-	-	-	-
Benzo(a)pireno	50-32-8	-	0,1	0,2	0,8	2,7	0,7
Criseno	218-01-9	-	1,6	95	600	1600	41
Dibenzo(a,h)antraceno	53-70-3	-	0,2	0,3	0,8	2,9	0,04
Fenantreno ^(3,4)	85-01-8	-	3,6	15	40	95	140
Indeno(1,2,3-c,d)pireno	193-39-5	-	0,4	3,4	8	30	0,4
Naftaleno	91-20-3	-	0,7	1,1	1,8	5,9	60

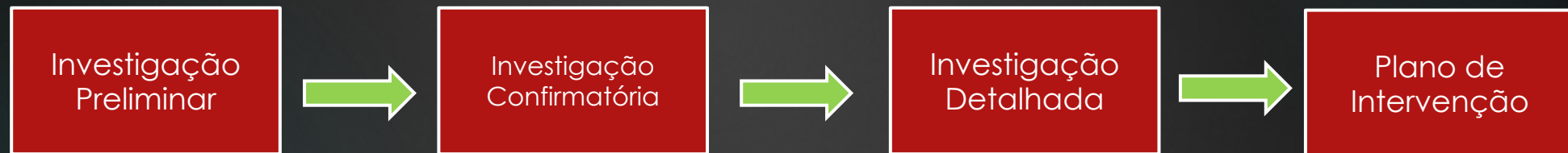
Principais contaminantes do solo e águas subterrâneas :

- Orgânicos: hidrocarbonetos (etanos, etenos, benzenos, toluenos, xilenos e outros), orgânicos sintéticos (fenóis, éteres, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos e outros), orgânicos nitrogenados, sulfonados e fosforados.
- Inorgânicos: principalmente metais tóxicos ou elementos traços (arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio); metais alcalinos e alcalinos-terrosos (Na, Ca, Mg, K).
- Patogênicos
- Cetesb: lista com 85 substâncias contaminantes

Investigação Ambiental

Como saber se uma área está contaminada ou não?

Atividades realizadas para verificar o histórico da área, as atividades envolvidas e seu potencial de contaminação de solo e de águas subterrâneas



Investigação Ambiental (CONAMA 430)

Investigação (ou Avaliação) Preliminar: objetivo de verificar o histórico da área. Quem foram os donos nos últimos 50 anos? Existem imagens de satélite antigas que mostram a ocupação do lote? Existem vizinhos como indústrias e postos de combustíveis que podem contaminar a área? É uma etapa baseada em levantamento de dados, visitas de campo e entrevistas com moradores locais

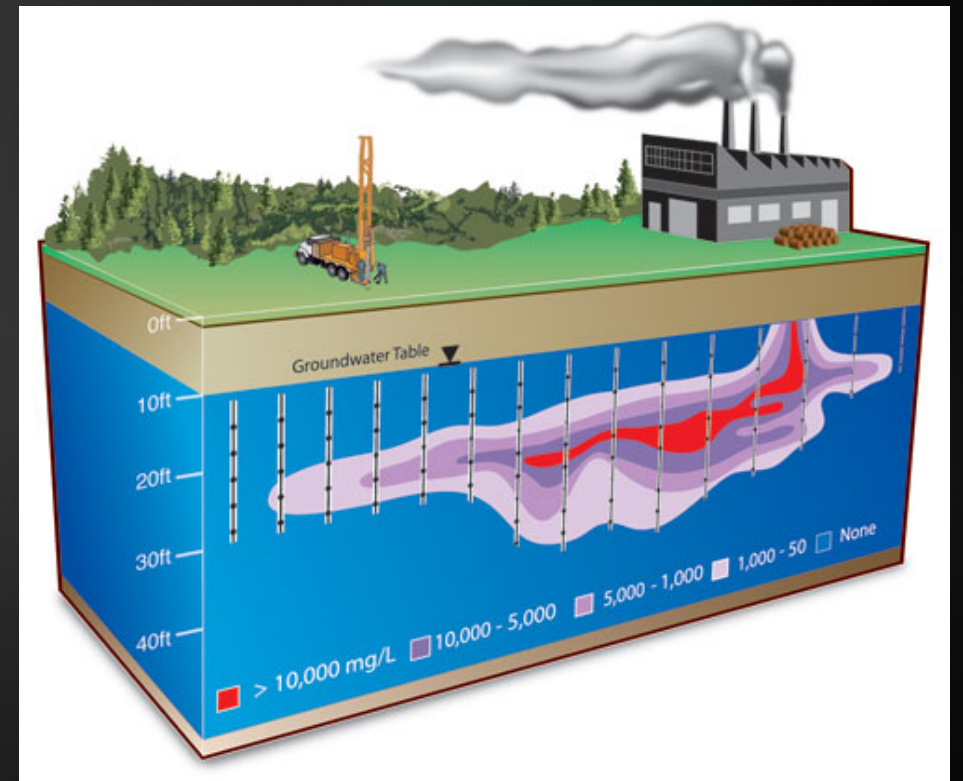
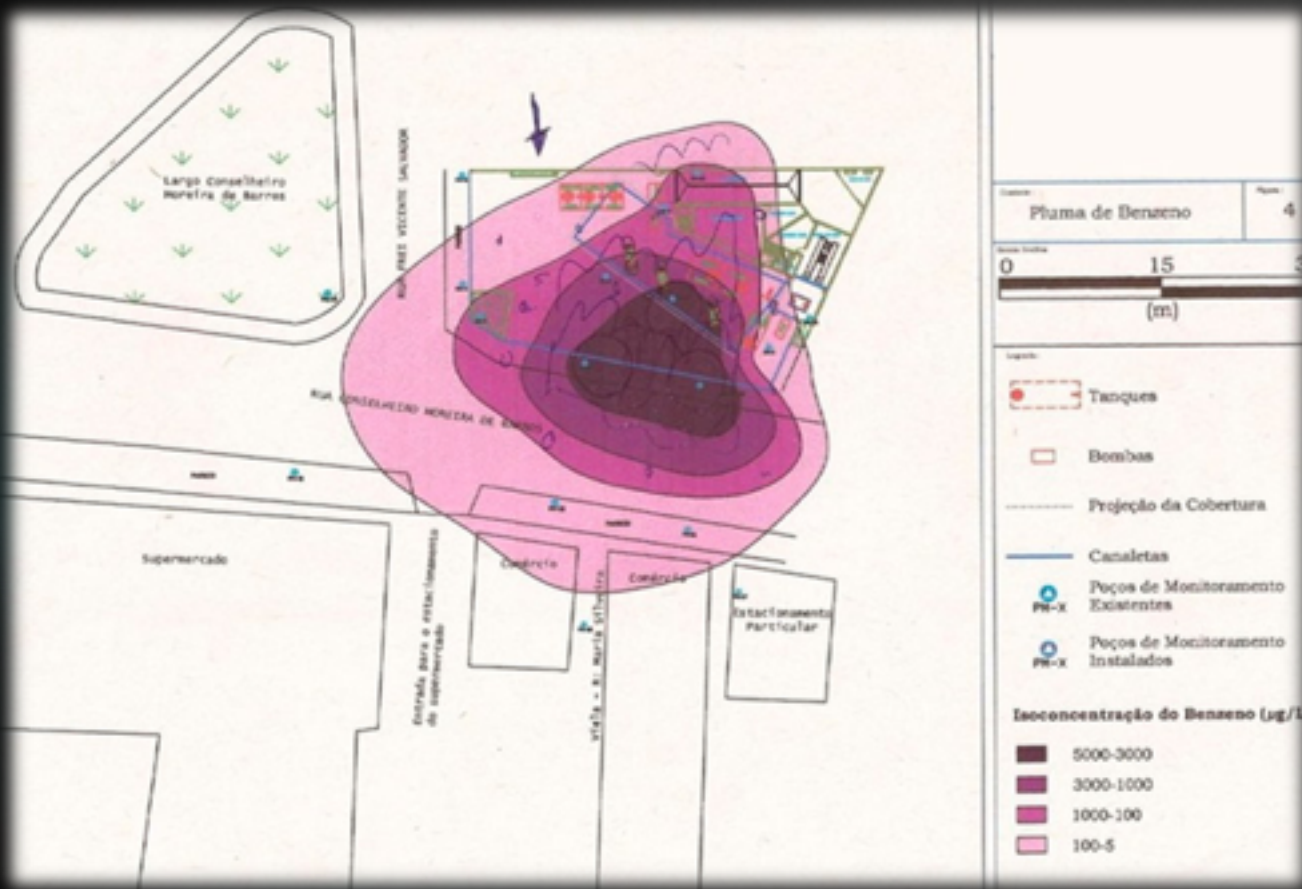
Investigação Confirmatória: Em caso de suspeita de contaminação, devem ser instalados poços de monitoramento em regiões estratégicas do terreno para coletar amostras de solo e de água subterrânea e mandar para análises laboratoriais. O objetivo é confirmar se as suspeitas levantadas na etapa anterior tem algum fundamento

Investigação Detalhada: Em caso de confirmação de contaminação, é necessário saber de onde veio (se a fonte está dentro ou fora da área) e até onde se estendem os limites da contaminação. São feitas novas sondagens e novas análises laboratoriais. O resultado é um mapa de distribuição espacial da concentração de contaminantes (chamado de pluma de contaminação)

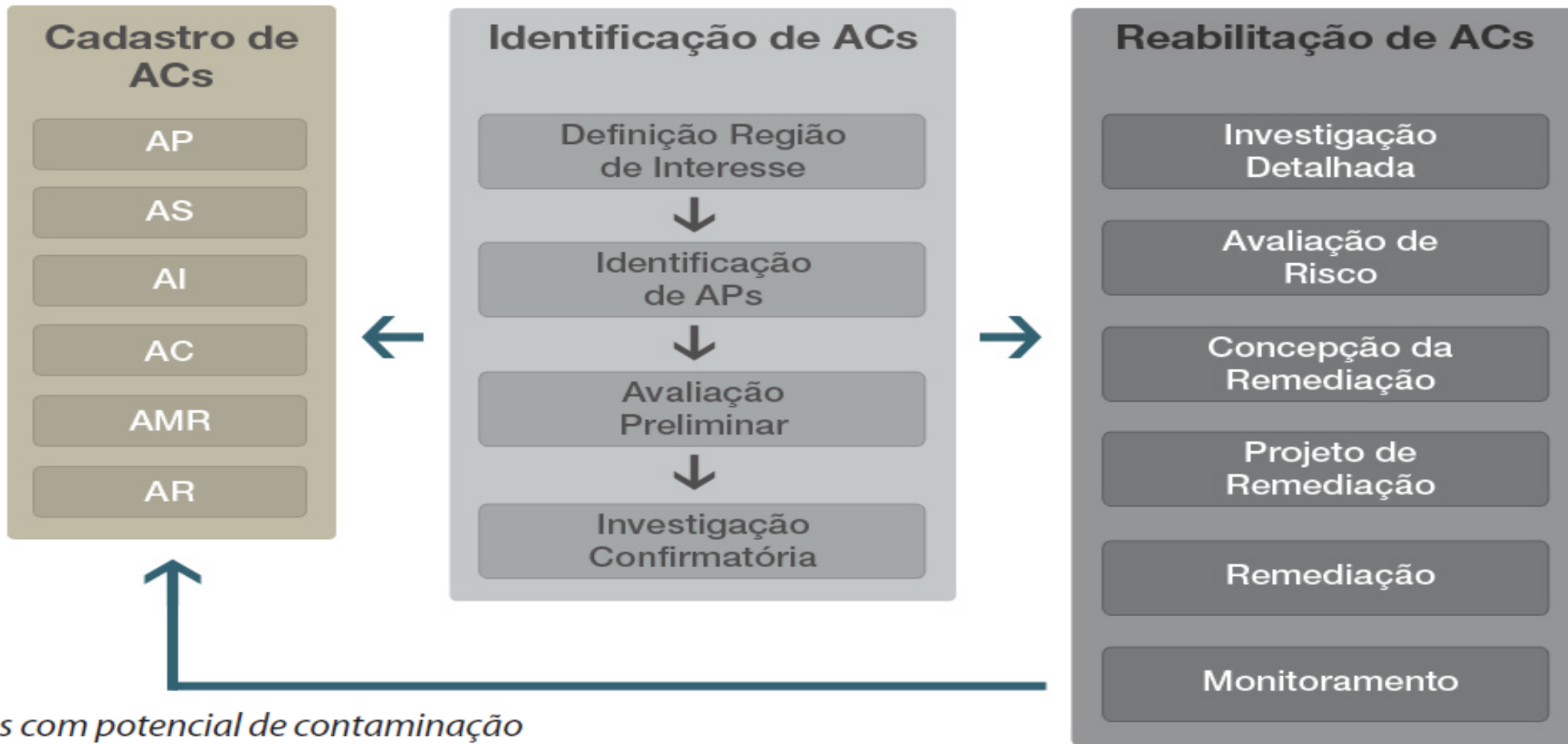
Plano de Intervenção: Uma vez conhecidos os limites da área, o proprietário estabelece quais medidas de engenharia (estruturais e não estruturais) devem ser tomadas para remediar a contaminação e não expor os indivíduos a riscos toxicológicos.

Investigação Ambiental

Plumas de contaminação em 2D e 3D



Princípios gerais para Remediação de área contaminada:



AP - Áreas com potencial de contaminação

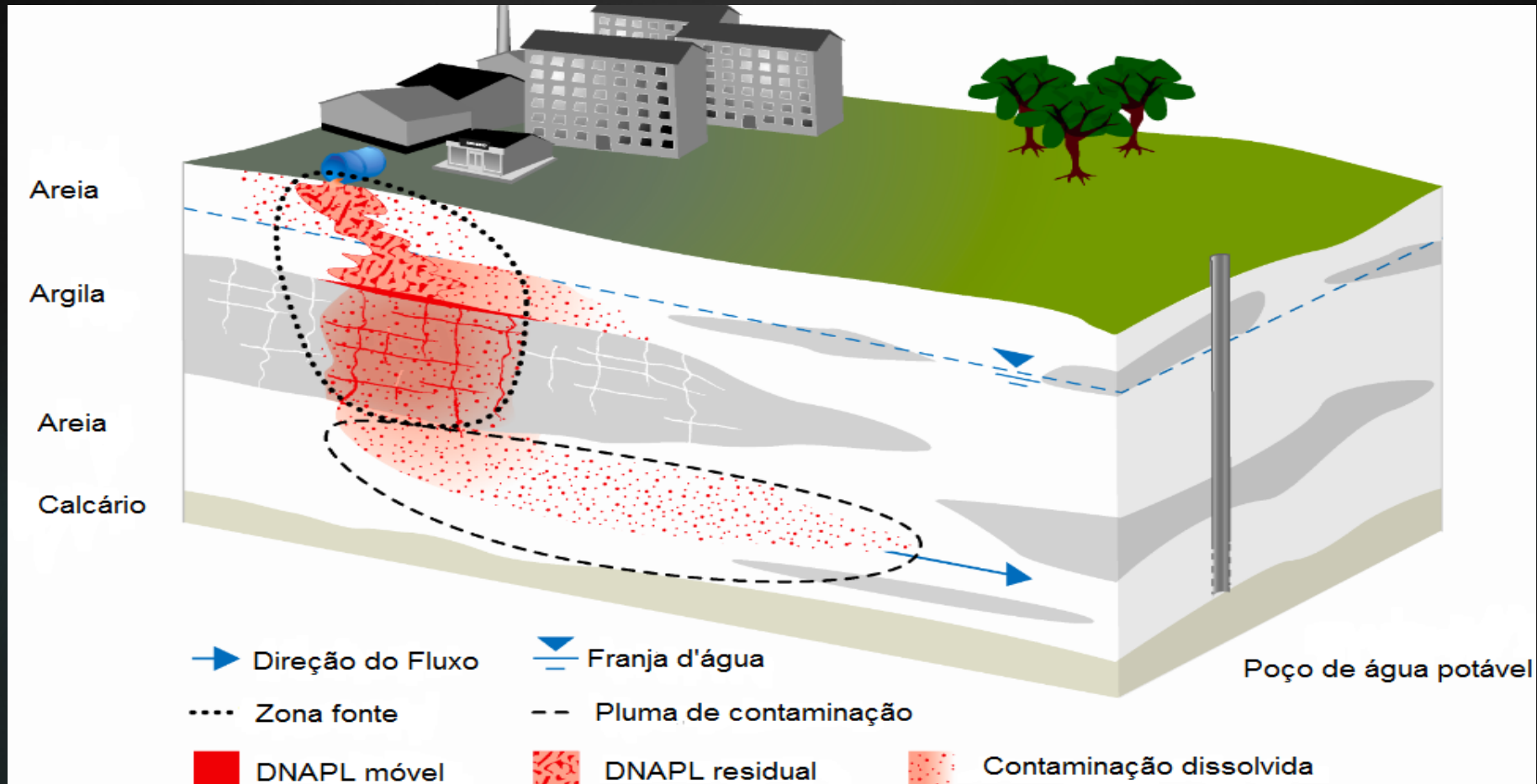
AS - Áreas suspeitas de contaminação

AI - Áreas contaminadas sob investigação

AC - Áreas contaminadas

AMR - Áreas em processo de monitoramento para reabilitação

Identificação da área Contaminada



- investigação geológico-geotécnica, ensaios geotécnicos
- investigação indireta: ensaios geofísicos

Tecnologias de Remediação

- ▶ **Ex situ/off site**
Escavação e incineração
- ▶ **Ex situ/on site**
Bombeamento e tratamento
- ▶ **In situ**
Injeção Tratamento químico
Nanopartículas de Fe
Biorremediação
- ▶ **Dessorção térmica (tratamento com calor para volatilização de contaminantes do solo)**
- ▶ **Fitorremediação (plantas para remover, imobilizar ou tornar inofensivos contaminantes no solo)**



- consumir insumos
- consumir recursos hídricos e energéticos
- alterar o meio
- gerar emissões

Remediação Ex Situ - Escavação



AES Eletropaulo INSTRUÇÃO DE TRABALHO ANEXO 1
Versão: 03
TÍTULO: GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS
Vigência: 21/07/2008
FORMULÁRIO: FÓTLULO DE IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS
Publicado: 21/07/2008
Código de Controle de Meio Ambiente

09 Nome do Resíduo: Solo contaminado com PCB's

MOVIMENTAÇÃO INTERNA
GERADOR: Engenharia Civil
Destino: Externa - Rio Lourenço, SP
Empilhado: Engenharia Civil
 Interna
Responsável: Eng. Wilson Data: 14/02/11

CUIDADO
ESTE INCIDENTE CONTÉM SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS - MANUSEAR COM CUIDADO

RESÍDUOS
A UTILIZAÇÃO ABUSIVA, SEMPRE A RESISTÊNCIA MANUSEIO DE RESÍDUOS PARA REUTILIZAÇÃO, SEMPRE RESPEITANDO A POLÍCIA, A DEFESA CIVIL, E O COMANDO ESTADUAL DE CONTROLE AMBIENTAL.

INFORMAÇÕES OPERACIONAIS
Indústria: Eletropaulo de São Paulo S.A.
Rua Lourenço Filho, 100 - Jd. Lourenço - CEP 05708-000 - São Paulo
Tel: 0800 343 100 - 0800 343 100

TELEFONES DE EMERGÊNCIA
CORPO DE BOMBEIROS: 193
Policia Militar: 190
Policia Rodoviária Estadual: 192
Policia Ambiental: 191

PERIGOSOS
SÍMBOLO DE PERIGOSIDADE: 9
SÍMBOLO DE REATIVIDADE: 4
SÍMBOLO DE INFLAMABILIDADE: 2
SÍMBOLO DE CORROSIVIDADE: 3



Remediação – In situ

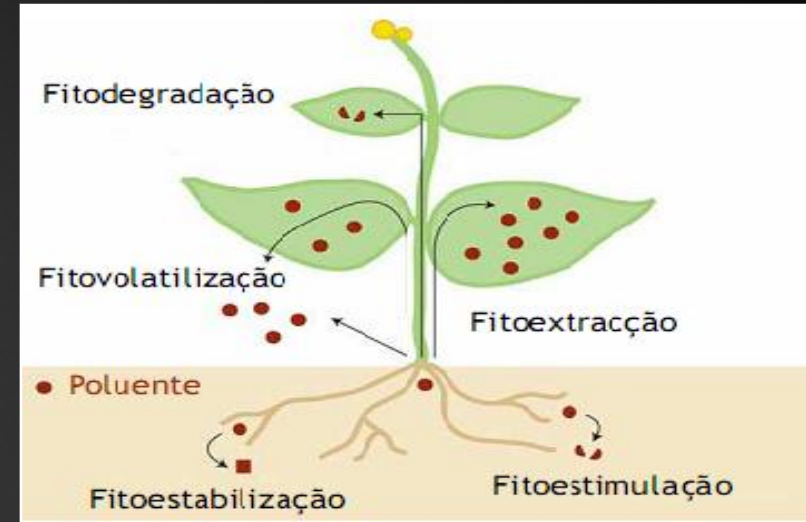
- ▶ A fonte de contaminação não é removida
- ▶ Geralmente aplicada para VOCs (Volatile Organic Compounds)
- ▶ Depende do tipo de solo e da hidrogeologia
- ▶ Muito especializada e cara para a Engenharia
- ▶ Para a remediação ser completada pode durar anos
- ▶ Não é tão comum como as técnicas ex situ



Disponível em: <http://www.clean.com.br/site/remox-l/>

Fitorremediação

- ▶ **Biodegradação na rizosfera (Fitoestimulação):**
- ▶ **Substâncias naturais liberadas pelas raízes das plantas suprem a demanda de nutrientes pelos microorganismos, potencializando suas atividades biológicas.**



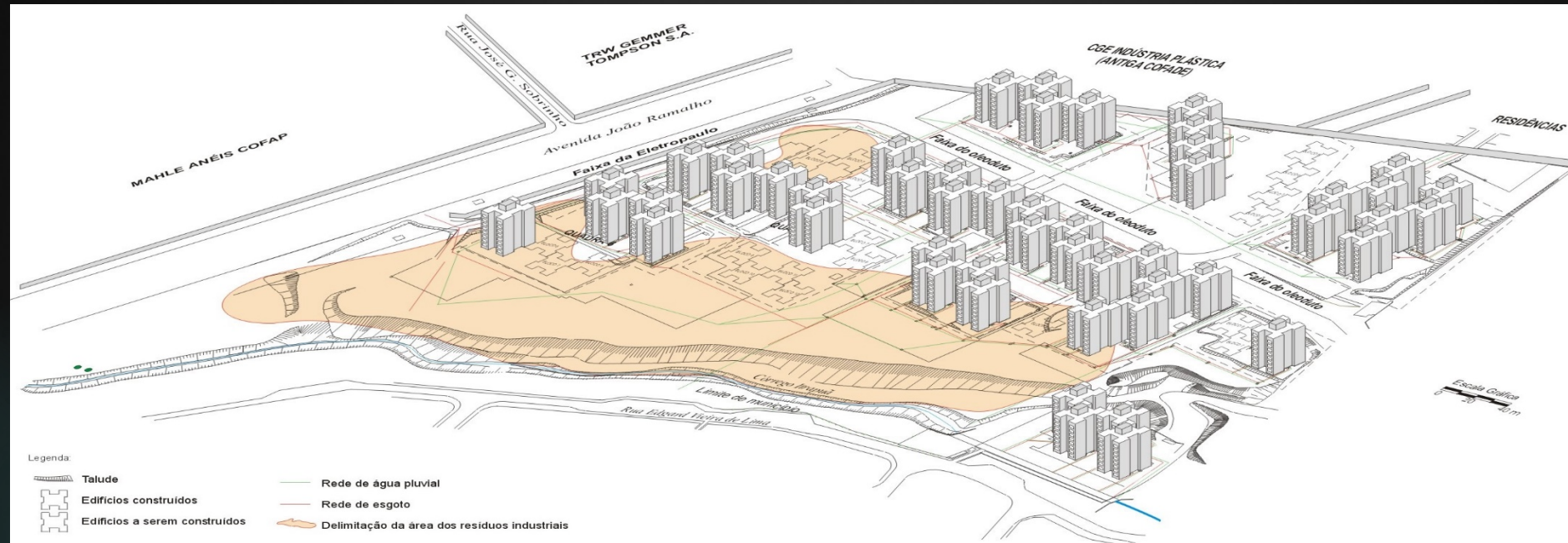
Disponível em: <http://www.aprenda.bio.br/porta1/?p=6864>

- **Fitoestabilização:** Fenômeno de produção de compostos químicos pela planta para imobilizar contaminantes na interface raízes/solo.
- **Fitoacumulação:** Absorção de contaminantes pelas raízes e acumulação na matéria seca ou folhas.
- **Fitodegradação:** Metaboliza contaminantes no interior dos tecidos da planta por enzimas.



Exemplo de Remediação de Área Contaminada

Condomínio Barão de Mauá - Fonte: CETESB



- O Conjunto Residencial Barão de Mauá (Mauá) é uma área contaminada por compostos orgânicos e inorgânicos, alguns deles voláteis.
- Foi implantado em terreno pertencente à empresa de amortecedores Cofap, o qual havia sido aterrado com resíduos sólidos industriais, predominantemente areias de fundição.
- Como não havia controle da área pelos proprietários, outras substâncias tóxicas foram depositadas inadequadamente.
- Nem todos os edifícios foram construídos sobre os resíduos; a maioria foi implantada em terreno que não sofreu contaminação.

CETESB passou a atuar no caso em função de explosão ocorrida em abril de 2000

Exigências técnicas da Cetesb, quando do acidente:

- monitoramento de índices de explosividade;
- ventilação forçada dos espaços fechados;
- monitoramento da qualidade do ar na área do condomínio;
- proibição do uso das águas subterrâneas;
- monitoramento da qualidade da água de abastecimento público fornecida aos edifícios;
- cobertura dos resíduos expostos com material inerte;
- realização de investigação detalhada, para delimitação, caracterização e quantificação dos resíduos dispostos e da contaminação do solo e das águas subterrâneas;
- realização de avaliação de risco à saúde;
- adequação dos playgrounds, posicionando-os sobre uma camada de argila compactada;
- extração forçada de vapores e gases do subsolo, com monitoramento da eficiência do sistema de tratamento dos gases coletados;
- apresentação de projeto destinado à remoção dos bolsões de materiais orgânicos geradores de gases e vapores;
- implantação de medidas para remediação das plumas de contaminação das águas subterrâneas mapeadas no local.

Situação em 15 de setembro de 2014

A COFAP, a SOMA, a SQG e PAULICOOP, após 14 anos da explosão ocorrida no Condomínio iniciam processo de recuperação ambiental exigida pela CETESB.

- em duas fases:
 1. ampliação do sistema de extração de gases, tratamento das águas subterrâneas, capeamento e pavimentação das garagens, remoção de resíduos, investigação complementar da extensão da contaminação e monitoramento ambiental, com prazo previsto de 18 meses.
 2. realocação temporária de 44 famílias que residem em apartamentos térreos de 11 blocos (do 1 ao 8), para dois prédios permitindo, assim, a finalização da remoção e do tratamento dos resíduos, continuação da extração de gás metano do subsolo e análises do subsolo nos apartamentos térreos. O retorno para os apartamentos originais dependerá de uma avaliação futura, após o encerramento das ações de remediação e análise pela CETESB.
- Periodicamente, serão distribuídos aos moradores informativos sobre o andamento das etapas de remediação.
- Também será disponibilizada uma página da Internet, para a obtenção de informações sobre o andamento do Plano de Recuperação.