

# Projeto de Demonstração: Área Contaminada

BRA/08/G32 – Estabelecimento de Gerenciamento  
e Disposição de Bifenilas Policloradas/PCBs

## Investigação Confirmatória

Contrato nº BRA 10-33066/2015

# Investigação Confirmatória

## Referências Normativas

- **CETESB/GTZ (2001)** – Manual de gerenciamento de áreas contaminadas;
- **CETESB (2003)** – Guia para Avaliação do Potencial de Contaminação em Imóveis;
- **CETESB (2006) - DD-010 de 26/01/2006** – Dispõe sobre os novos Procedimentos para o Licenciamento de Postos e Sistemas Retalhistas de Combustíveis e dá outras providências – Anexo IV;
- **CETESB (2007) - DD-103 de 22/06/2007** – Dispõe sobre o procedimento para gerenciamento de áreas contaminadas;
- **CETESB (2009) – DD-263 de 20/10/2009** – Dispõe sobre o Roteiro para Execução de Investigação Detalhada e Elaboração de Plano de Intervenção em Postos de Combustíveis.
- **CETESB (2014) - DD-045 de 20/02/2014** – Dispõe sobre os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2014.

# Investigação Confirmatória

## Referências Normativas

- **ABNT NBR 15492:2007** - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento (2007);
- **ABNT NBR 15495-1:2007** – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção. Versão corrigida 2 – 2009.;
- **ABNT NBR 15495-2:2008** – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 2: Desenvolvimento;
- **ABNT NBR 15847:2010** – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – métodos de purga;

# Investigação Confirmatória

## Referências Normativas

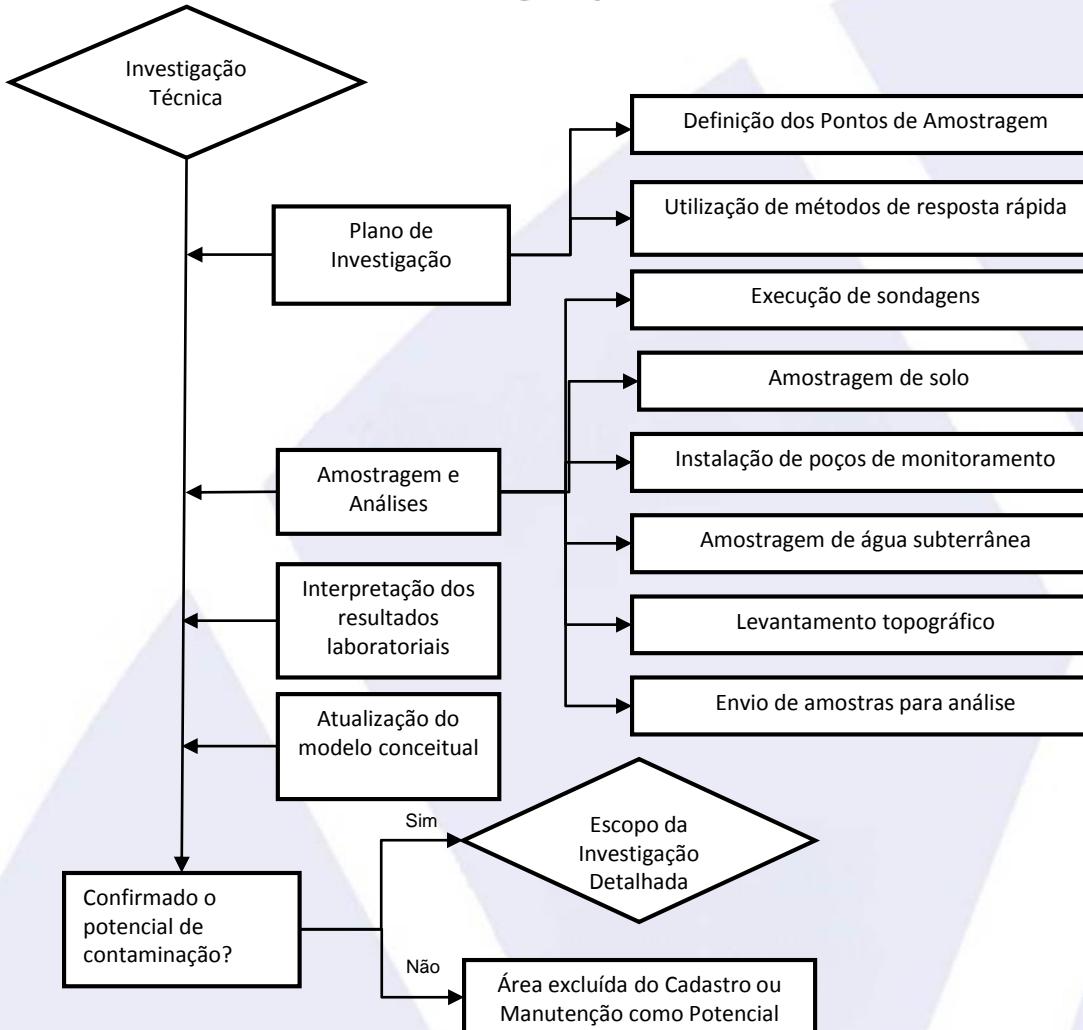
- **ABNT NBR 15515-1:2007** – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea
  - Parte 1: Avaliação Preliminar. Versão corrigida 2011;
- **ABNT NBR 15515-2:2011** – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea
  - Parte 2: Investigação Confirmatória;
- **ABNT NBR 15515-3:2013** – Passivo Ambiental em solo e água subterrânea
  - Parte 3: Investigação Detalhada;
- **ABNT NBR 16209:2013** – Avaliação de risco a saúde humana para fins de gerenciamento de áreas contaminadas;
- **ABNT NBR 16210:2013** – Modelo conceitual no gerenciamento de áreas contaminadas;
- **ABNT NBR 16434:2015** - Amostragem de resíduos sólidos, solos e sedimentos - Análise de compostos orgânicos voláteis (COV) – Procedimento;
- **ABNT NBR 16435:2015** – Controle da qualidade na amostragem para fins de investigação de áreas contaminadas.

# Investigação Confirmatória

## Definição

- **NBR 15515-2:2011 e CONAMA 420 (Art. 6º inciso VIII)**
  - Etapa do processo de identificação de áreas contaminadas que tem como **objetivo principal** confirmar ou não a existência de substâncias de origem antrópica nas áreas suspeitas, no solo ou nas águas subterrâneas, em concentrações acima dos valores de investigação.

# Investigação Confirmatória



**Fluxograma da Investigação Confirmatória.**  
Fonte: PICCHI (2011)

# Investigação Confirmatória

## Escopo do trabalho

- Caracterização geológica da área, via levantamento bibliográfico;
- Imagem do *Google Earth* com a localização da área a ser avaliada, caracterização do entorno de 500 m e levantamento dos usos da água subterrânea, superficial e do solo;
- Malha passiva de vapores, conforme método descrito em [www.beacon-usa.com](http://www.beacon-usa.com); que norteará a localização das sondagens e instalação dos poços de monitoramento;
- Localização das sondagens e dos poços de monitoramento;
- Sondagens (10) a trado mecânico de 6" com leitura de compostos orgânicos voláteis (VOC) a cada 0,5 m;
- Coleta de amostras de solo (10) com *liner* descartável na profundidade do solo onde forem encontrados indícios de contaminação por observações tátteis visuais e olfativas ou por leituras de VOC para as análises químicas;

# Investigação Confirmatória

## Escopo do trabalho

- Coleta de 2 amostras indeformadas de solo em profundidades representativas das unidades geológicas de interesse, contemplando granulometria com classificação textural, densidade do solo, teor de umidade, porosidade total, porosidade efetiva, microporos ou poros, fração de carbono orgânico;
- Instalação de poços de monitoramento (10) de 2" ;
- Coleta de amostras de água subterrânea (10) pelo método baixa vazão em poços de monitoramento;
- Hum (1) levantamento topográfico com Estação Total;
- Três ensaios de permeabilidade do solo Slug Test e direção real do fluxo subterrâneo;
- Informações toxicológicas quanto aos PCB, VOC, SVOC, PAH, dioxinas, furanos e mercúrio;

# Investigação Confirmatória

## Permissão de Trabalho - PT

ConAm – Consultoria Ambiental Ltda.

Rua Mourato Coelho 90 cj 24 – SP/SP – CEP 05417-000 – tel/fax 11-3085-6087 – contato@conam.eng.br  
www.conam.eng.br

# Investigação Confirmatória

## Modelo Conceitual – Avaliação Ambiental Preliminar

Potenciais Áreas Fontes de Contaminação	Classificação da Área	Substâncias Químicas Associadas	Mecanismos de Liberação	Vias de Transporte dos Contaminantes	Receptores Potenciais
Antiga Usina elétrica a diesel e Cabines Seccionadoras	AP-01	Metais VOC SVOC TPH PCBs Dioxinas Furanos	Infiltração por fraturas no piso Lixiviação Adsorção Dessorção Volatização Advecção Dispersão Dissolução Degradação	Solo Água Subterrânea	Moradores da área de estudo Trabalhadores do local Trabalhadores de obras futuras Trabalhadores e residentes do entorno
Local de manutenção, troca e filtragem do óleo dos transformadores.	AP-02				
Local onde ficavam os transformadores da usina.	AP-03				
Galpão de armazenamento de peças	AP-04				
Estacionamento de veículos / Antigo galpão de armazenamento de equipamentos elétricos usados	AP-05				
Galpão com possível atividade de armazenamento de peças	AP-06				

# Investigação Confirmatória



## Legenda

### Área Potencial de Contaminação

AP-01 - Antiga Usina elétrica a diesel e Cabines Seccionadoras

AP-03 - Local onde ficavam os transformadores da usina.

AP-05 - Estacionamento de veículos / Antigo galpão de armazenamento

AP-02 - Antigo local de manutenção, troca e filtragem do óleo dos transformadores.

AP-04 - Galpão de armazenamento de peças

AP-06 - Galpão com possível atividade de armazenamento de peças

	Título: <i>Localização da ÁREA POTENCIAL de Contaminação</i>	Projeto: <i>Codetran 05 - PNUD</i>	Data: <i>Março 2016</i>
Cliente: <i>PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.</i>	Produto 05 <b>RELATÓRIO COMPLETO</b>	Local: <i>Município de Curitiba - PR</i>	<b>FIGURA 9</b>

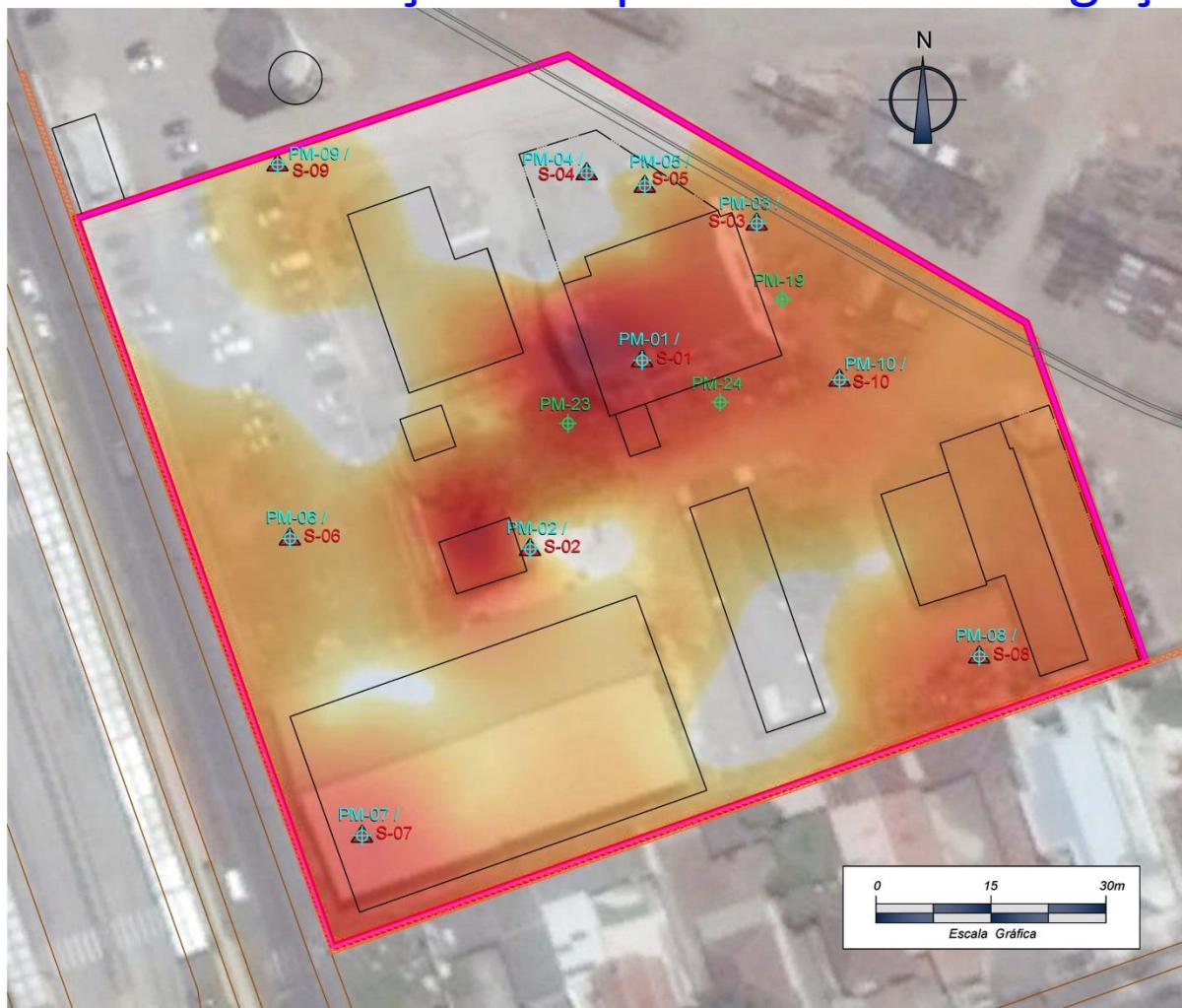
# Investigação Confirmatória

## Localização dos pontos de investigação

Pontos de Investigação	Coordenadas Aproximadas (UTM – SAD 69 – 22J)		Justificativa de Localização
	E	S	
S-01 / PM-01	679.617,952	7.183.892,54	Usina a Diesel ( <b>AP-01</b> ). Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo (Centro de Massa)
S-02 / PM-02	679.603,372	7.183.868,03	Área de Manutenção de Transformadores ( <b>AP-02</b> ). Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo (Centro de Massa)
S-03 / PM-03	679.632,867	7.183.910,37	Jusante das antigas cabines seccionadoras ( <b>AP-01</b> ). Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo.
S-04 / PM-04	679.610,74	7.183.916,86	Local onde ficavam os transformadores da usina ( <b>AP-03</b> ).
S-05 / PM-05	679.618,292	7.183.915,24	Local onde ficavam os transformadores da usina ( <b>AP-03</b> ).
S-06 / PM-06	679.572,138	7.183.869,40	Estacionamento de veículos e antigo galpão de armazenamento de equipamentos elétricos ( <b>AP-05</b> ). Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo.
S-07 / PM-07	679.586,774	7.183.830,38	Local de armazenamento de peças ( <b>AP-04</b> ). Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo
S-08 / PM-08	679.665,426	7.183.852,96	Local usado como possível estoque de peças ( <b>AP-06</b> ). Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo
S-09 / PM-09	679.570,532	7.183.917,98	Ponto de <b>Montante</b> do terreno. Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo.
S-10 / PM-10	679.643,622	7.183.890,03	Jusante da <b>AP-01</b> . Indicação de VOC e SVOC na Amostragem Passiva de Vapores no solo.

# Investigação Confirmatória

## Localização dos pontos de investigação



# Investigação Confirmatória

## Localização dos pontos de investigação



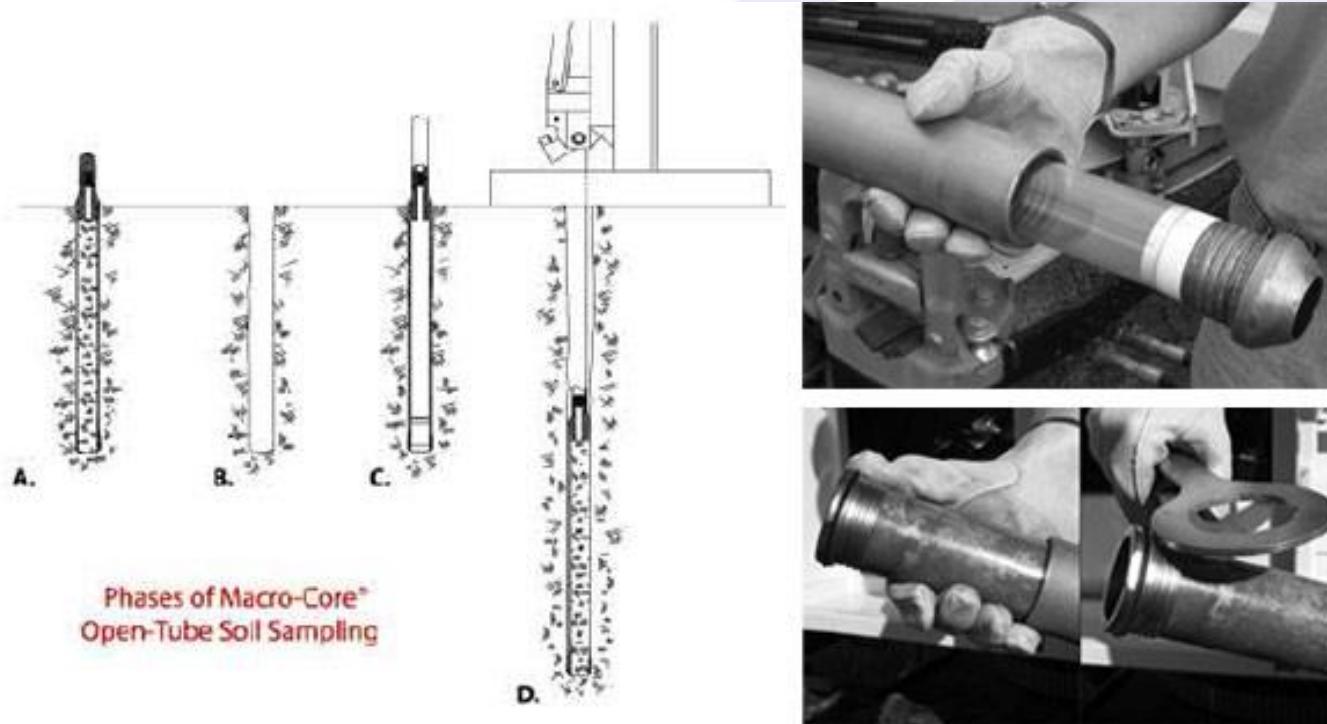
# Investigação Confirmatória

## Execução das Sondagens e Amostragem de Solo

- Realizado entre os dias 23 e 25 de Setembro de 2015.
- Equipamento Geoprobe® - modelo 6712 DT - Hummer 2,25"
- Metodologia: *Direct Push – Open –Tube Sampling*:
  - Base Aberta para permitir a retirada da amostra a 1,50 m após cada cravagem, sempre trocando o Liner.
  - Utilização de Liner minimiza a perda de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC).
- Abertura do Liner após coleta do testemunho de sondagem.
  - Utilizada a ferramenta de corte de Liner desenvolvida pela Geoprobe®
  - Corte preciso e seguro preservando o perfil litológico para clara visualização.
- **ABNT NBR 15492:2007** - Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento (2007).

# Investigação Confirmatória

## Execução das Sondagens e Amostragem de Solo



- A - O amostrador com tubo *liner* é cravado até uma profundidade de 1,50 m (tamanho do *liner*);
- B - O amostrador é removido e obtém-se um primeiro furo com 1,50 m;
- C - O amostrador é recolocado no mesmo furo anterior com um novo tubo *liner*;
- D - A partir do limite de sondagem anterior (1,50 m), crava-se novamente o amostrador para a obtenção de outra amostra. Este procedimento se dá de forma continua até atingir a profundidade desejada.

ConAm – Consultoria Ambiental Ltda.

Rua Mourato Coelho 90 cj 24 – SP/SP – CEP 05417-000 – tel/fax 11-3085-6087 – [contato@conam.eng.br](mailto:contato@conam.eng.br)  
[www.conam.eng.br](http://www.conam.eng.br)

# Investigação Confirmatória

## Execução das Sondagens e Amostragem de Solo



ConAm – Consultoria Ambiental Ltda.

Rua Mourato Coelho 90 cj 24 – SP/SP – CEP 05417-000 – tel/fax 11-3085-6087 – [contato@conam.eng.br](mailto:contato@conam.eng.br)  
[www.conam.eng.br](http://www.conam.eng.br)

# Investigação Confirmatória

## Execução das Sondagens e Amostragem de Solo



# Investigação Confirmatória

## Testemunhos de solo



- Testemunhos de solo examinados e descrevidos quanto características tácteis-visuais.
- Anotadas profundidades e propriedades das camadas detectadas e diferentes características geológicas observadas em cada sondagem

# Investigação Confirmatória

## Medição de Voláteis e Amostragem de Solo

- Amostras de solo:
  - PCBs, Mercúrio e Dioxinas e Furanos: **Solo Superficial (Aprox. 0,5 m)**
  - VOC e SVOC: **Maior Leitura de VOC ou Franja Capilar**
- Perfilagem de VOC.
  - A cada 0,5 metro no *Liner*, foi retirada uma alíquota de solo e colocada em um saco autosselante.
  - Estas alíquotas foram utilizadas para medição de VOC.
  - Foi utilizado o Equipamento portátil detector de fotoionização (PID) do tipo PhoCheck Tiger.



# Investigação Confirmatória

## Nomenclaturas das amostras de solo

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Parâmetros Analisados*
S-01	ConAm_SO_3000	24/09/2015	0,7	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3076		3,0	VOC e SVOC
S-02	ConAm_SO_3001	24/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3077		0,5	VOC e SVOC
S-03	ConAm_SO_3002	24/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3078		2,5	VOC e SVOC
S-04	ConAm_SO_3003	24/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3079		3,0	VOC e SVOC
S-05	ConAm_SO_3004	24/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3080		3,0	VOC e SVOC
S-06	ConAm_SO_3005	23/09/2015	0,6	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3081		3,0	VOC e SVOC
S-07	ConAm_SO_3006	23/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3082		3,0	VOC e SVOC
S-08	ConAm_SO_3007	24/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3083		3,0	VOC e SVOC
S-09	ConAm_SO_3008	23/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3084		3,0	VOC e SVOC
S-10	ConAm_SO_3009	24/09/2015	0,5	PCB, Hg, Dioxinas e Furanos
	ConAm_SO_3085		2,5	VOC e SVOC

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de solo para análise geotécnica

- Realizada dia 25/09/2015
- Amostra indeformada – Cilindro de Aço Inox numerado.
- Amostra deformada – Coletada no mesmo local da Indeformada e posteriormente inserida em saco autosselante.
- Análise para os parâmetros:
  - Granulometria, Densidade Aparente, Umidade Total, Porosidade Total, Porosidade Efetiva, Fração de Carbono Orgânica e Carbono Orgânico Total.



Cilindro para coleta de amostra indeformada



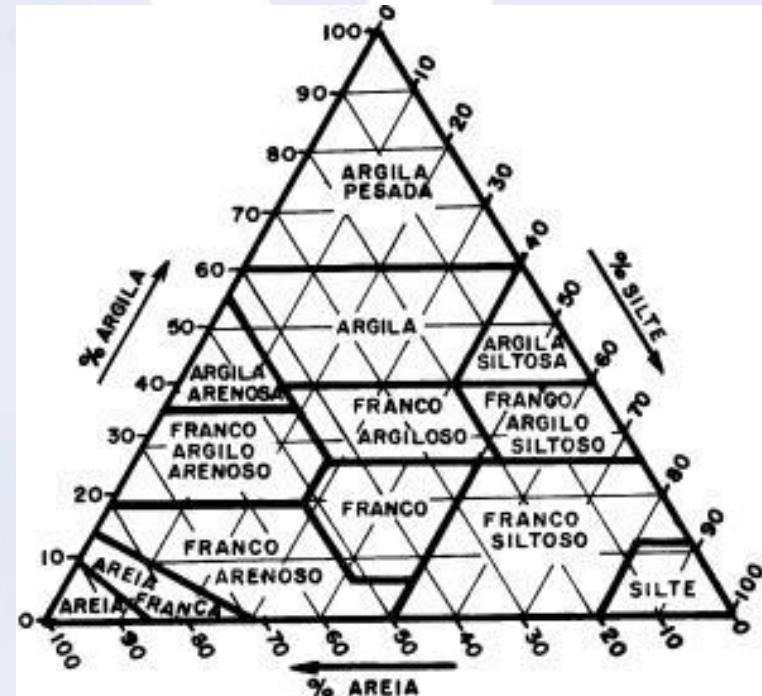
Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Prof. amostrada (m)	Parâmetros Analisados*
S-03	ConAm_SO_3045	25/09/2015	0,5	Geotécnica
	ConAm_SO_3046		3,0	

# Investigação Confirmatória

## Resultados da análise geotécnica

Parâmetros	Unidade	S-03 (0,5 m)	S-03 (3,0 m)
Identificação na Cadeia de Custódia		ConAm_SO_3045	ConAm_SO_3046
Argila	%	25,5	32,1
Silte	%	46,1	45,7
Areia muito fina	%	3,84	3,04
Areia fina	%	3,59	2,59
Areia média	%	4,59	3,59
Areia grossa	%	5,30	3,90
Areia muito grossa	%	4,13	4,12
Areia Total	%	21,45	17,24
Cascalho	%	6,67	4,86
Densidade Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,15	1,33
Umidade Total	%	28,0	31,1
Porosidade Efetiva	%	1,79	3,38
Porosidade Total	%	55,0	48,1
Fração Carbono Orgânica	%	0,800	< 0,740
Carbono Orgânico Total	%	0,800	< 0,740

- AMOSTRA DE 0,5 metro: **Solo Franco**
  - AMOSTRA DE 2,5 metros: **Solo Franco**  
**Argiloso**



## Triângulo Textural para classificação de textura de solos

# Investigação Confirmatória

## Instalação dos poços de monitoramento

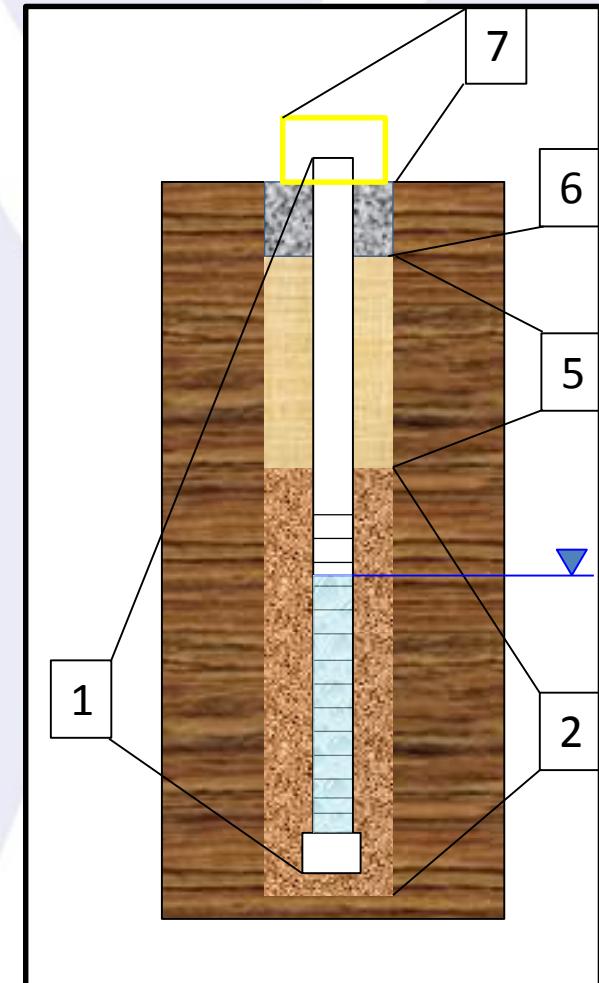
- Realizado entre os dias 23 e 25 de Setembro de 2015.
- Equipamento Geoprobe®
- Metodologia: Rotativa (*Hollow Stem Auger*)
  - *Trado Helicoidal Oco de 7", faz com que o solo suba conforme o avanço em profundidade na sondagem.*
  - *Instalação do poço realizada por dentro do trado oco, que serve como revestimento temporário, que impende o desmoronamento e o deslizamento da parede do furo.*
- **ABNT NBR 15495-1:2007** – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 1: Projeto e Construção. Versão corrigida 2 – 2009.;
- **ABNT NBR 15495-2:2008** – Poços de Monitoramento de Águas Subterrâneas em Aquíferos Granulares – Parte 2: Desenvolvimento;

# Investigação Confirmatória

## Instalação dos poços de monitoramento

- Etapas da Instalação de Poços de Monitoramento:

1. Após o término da sondagem, inserir no furo o tubo filtro acoplado ao tubo geomecânico.
2. Inserir o Pré-Filtro até aproximadamente 0,50 metro acima da seção filtrante.
3. Realizar o desenvolvimento preliminar
4. Medir a profundidade do pré-filtro e completar caso tenha havido rebaixamento.
5. Colocar bentonita e/ou compactolite para iniciar o selamento do furo.
6. Iniciar acabamento com camada de concreto;
7. Finalizar acabamento com inserção de câmara de calçada.
8. Realizar o desenvolvimento final.



# Investigação Confirmatória

## Principais aspectos dos poços de monitoramento

Poço de Monitoramento	Data de Instalação	Profundidade (m)	Nível d'água na sondagem (m)	Seção Filtrante (m)
PM-01	24/09/2015	5,04	3,00	2,04 – 5,04
PM-02	24/09/2015	4,06	3,05	1,06 – 4,06
PM-03	24/09/2015	4,25	2,95	1,25 – 4,25
PM-04	24/09/2015	4,93	2,80	1,93 – 4,93
PM-05	24/09/2015	4,70	3,00	1,70 – 4,70
PM-06	23/09/2015	4,60	2,90	1,60 – 4,60
PM-07	23/09/2015	4,14	3,00	1,14 – 4,14
PM-08	24/09/2015	5,00	3,00	2,00 – 5,00
PM-09	23/09/2015	5,00	3,10	2,00 – 5,00
PM-10	24/09/2015	4,85	2,90	1,85 – 4,85

# Investigação Confirmatória

## Instalação dos poços de monitoramento



# Investigação Confirmatória

## Instalação dos poços de monitoramento



# Investigação Confirmatória

## Desenvolvimento dos poços de monitoramento



# Investigação Confirmatória

## Poços de monitoramento finalizados



# Investigação Confirmatória

## Poços de monitoramento finalizados



ConAm – Consultoria Ambiental Ltda.

Rua Mourato Coelho 90 cj 24 – SP/SP – CEP 05417-000 – tel/fax 11-3085-6087 – contato@conam.eng.br  
[www.conam.eng.br](http://www.conam.eng.br)

# Investigação Confirmatória

## Poços de monitoramento finalizados



# Projeto de Demonstração: Área Contaminada

BRA/08/G32 – Estabelecimento de Gerenciamento  
e Disposição de Bifenilas Policloradas/PCBs

## Investigação Confirmatória

### Amostragem de água subterrânea

Contrato nº BRA 10-33066/2015

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### Referências Técnicas

- **CETESB/ANA (2012)** - Guia Nacional de Coleta e preservação de amostras – Água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos;
- **ABNT NBR 15847:2010** – Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento – Métodos de Purga;
- **ABNT NBR ISO/IEC 17025:2005** – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

- **Purga de Baixa-Vazão**

Purga realizada por meio de taxas de bombeamento reduzidas (entre 0,05 L/min e 1,0 L/min):

- Compatíveis com a capacidade de produção do poço de monitoramento;
- Não causa rebaixamento excessivo do nível da água, evitando a coleta de água não representativa do aquífero.

**Durante o bombeamento, parâmetros indicadores são monitorados até que seja obtida a estabilização de suas leituras.**

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### **Método de Baixa Vazão (Low Flow)**

- **Aplicabilidade:**

A purga de baixa vazão pode ser aplicada a qualquer poço de monitoramento em que a produção de água seja suficiente para manter o nível de água no poço sem rebaixamento excessivo.

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea – Baixa Vazão

- Vantagens:

- a) A finalização da purga é definido de poço a poço e baseado na qualidade da água subterrânea captada;
- b) Pode minimizar o volume purgado, reduzindo custo de manejo de água;
- c) Possibilita a coleta de amostras com turbidez reduzida;
- d) Reduz as chances de alteração de amostras causadas por aeração e/ou agitação na camada monitorada;
- e) Reduz a possibilidade de alteração por mistura entre camadas dentro da formação;
- f) Pode ser efetuada usando-se uma grande variedade de equipamentos;
- g) Pode minimizar a mobilização de material coloidal ou em suspensão, resultando na minimização do transporte de substâncias hidrofóbicas agregadas a estes materiais;
- h) Permite melhor controle e rastreabilidade da amostra.



# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea - Equipamentos

Bomba Bexiga



Medidor de rebaixamento



Painel Controlador

Fonte de Gás

Recipiente para purga e proveta para medição de vazão.

Célula de fluxo



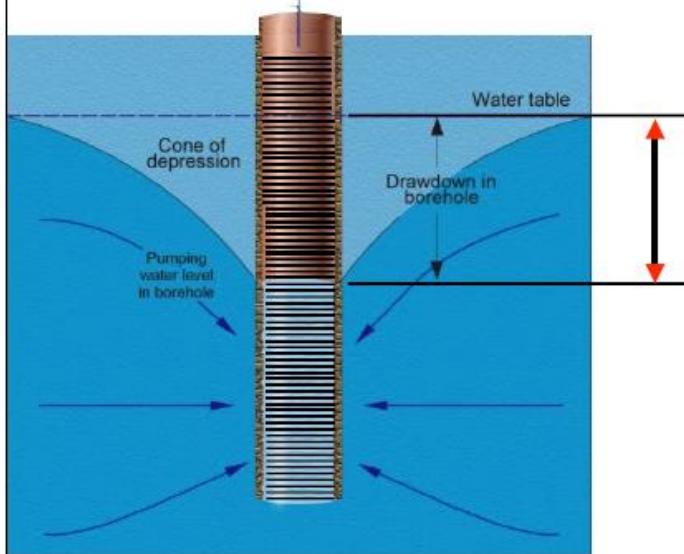
Medidor Multiparâmetros in-Line



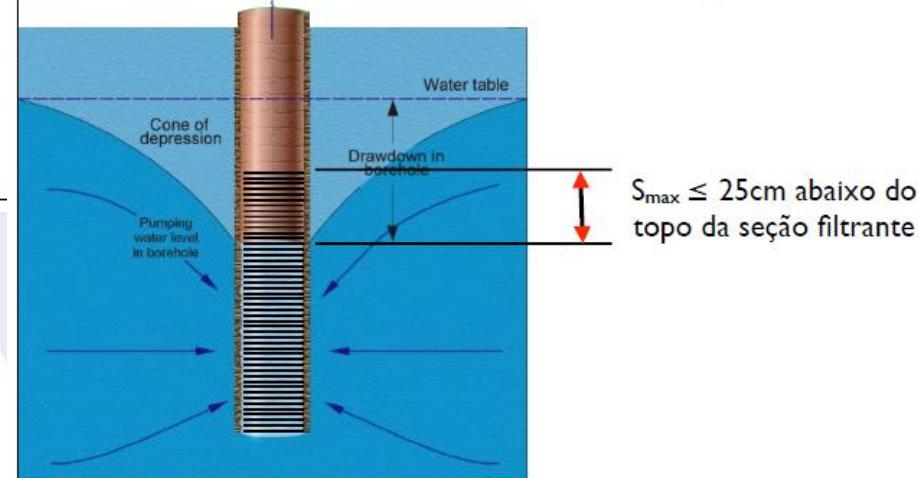
# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### Rebaixamento Máximo permitido em Poços com Seção Filtrante Plena



### Rebaixamento Máximo permitido em Poços com Seção Filtrante Afogada



# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

- Faixas de estabilização de parâmetros:

- Temperatura -  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- pH -  $\pm 0,2$  unidade;
- Condutividade -  $\pm 5,0\%$  das leituras;
- Oxigênio dissolvido  $\pm 10\%$  das leituras ou  $\pm 0,2 \text{ mg/L}$ , o que for maior;
- Potencial de oxirredução -  $\pm 20 \text{ mV}$ .



# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### Referências de Qualidade

- **ABNT, NBR ISO/IEC 17025:2005** – Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração.
  - ISO: *International Organization for Standardization*;
  - IEC: *International Electrotechnical Commission*.

Tem o objetivo de estabelecer um padrão internacional e único para atestar a competência dos laboratórios na realização de ensaios e/ou calibrações, incluindo amostragem.

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### Legislação - Tendências

- **SMA 37 de 30/08/2006** - institui o prazo de 2 anos para que todos os laudos analíticos submetidos à apreciação dos órgãos integrantes do SEAQUA atendessem à norma.
- **SMA 90 de 13/11/2012** – regulamenta as exigências para os resultados analíticos, incluindo-se a amostragem.
- **SMA 100 de 17/10/2013** - institui o prazo de 2 anos para que a norma também seja aplicadas às atividades de amostragem referentes às matrizes ambientais como água subterrânea, água de abastecimento e efluentes líquidos.
- **SMA 94 de 14/12/2015** – prorroga por um ano o prazo estabelecido no caput do artigo 3º da Resolução SMA nº 100, para as empresas que já tenham efetuado, até 21 de outubro de 2015, o protocolo de seu pedido de acreditação junto ao INMETRO.

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### Legislação - Tendências

- **CETESB (2016) - DD-009 de 14/01/2016** – Estabelece os critérios de que trata o artigo 1º da Resolução SMA nº 94, de 14/12/2015, referente à exigência de acreditação de atividades de amostragem de águas subterrâneas.
- I – Declaração de responsabilidade específica para amostragem de água;
- II – cópia do documento do INMETRO, que comprove o protocolo até o dia 21/10/2015; e
- III – cópia do FOR-CGCRE-006 – Aceitação da Solicitação de Acreditação.

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### Legislação - Tendências

- **SMA 37 – Laudos Analíticos Acreditados:**
  - Resultados não confiáveis = tomada de decisão ineficiente;
  - Faltavam dados básicos como data de coleta, validade da amostra, etc.;
  - Resultados não eram rastreáveis;
  - Diagnóstico impreciso.
- **SMA 90 e SMA 100 – Incluem Amostragem com a Acreditação:**
  - Amostragem faz parte do processo analítico, portanto deve ser bem realizada;
  - Melhora na rastreabilidade dos laudos analíticos após SMA 37;
  - Falta de procedimento.

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

### Legislação - Tendências

#### ORGANIZAÇÕES ACREDITADAS PARA AMOSTRAGEM PELA TÉCNICA DE BAIXA VAZÃO NO ESTADO DE SÃO PAULO

LABORATÓRIOS	CONSULTORIAS	AGENCIA AMBIENTAL
15	4	1

Fonte: AESAS - setembro/2015.

- Segundo levantamento da AESAS, que utilizou como referência o cadastro de áreas contaminadas da CETESB de 2014, estima-se:
- 4.585 áreas com atividades que exigem monitoramento no Estado de São Paulo.

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

- Ensaios realizados em instalação do cliente:

Ensaio	Unidade	Faixas de estabilização	Método
pH	upH	± 0,2	SMEWW 4500-H+ B
Condutividade Elétrica	mS/cm	± 5%	SMEWW 2510 B
Oxigênio dissolvido	ppm	± 0,2 ou 10%	SMEWW 4500-O G
Potencial de Oxirredução	mV	± 20 mV	SMEWW 2580 B
Temperatura da água	°C	± 0,5 °C	SMEWW 2550 A

*SMEWW – Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater*

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

- Ensaios a serem realizados em Laboratório subcontratado (CRL 212):

Ensaio	Método
<b>Metais (Mercúrio)</b>	<b>USEPA 1631E (2002):</b> <i>Mercury in Water by Oxidation, Purge and Trap, and Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrometry.</i>
<b>SVOC, TPH e PCBs</b>	<b>USEPA 8270D (2007):</b> Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS).  <b>USEPA 8015C (2007):</b> Nonhalogenated Organics Using GC/FID (GC/MS).  <b>USEPA 8082A (2007):</b> Polychlorinated Biphenyls (PCBs) by Gas Chromatography.
<b>VOC</b>	<b>USEPA 8260C (2006):</b> Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS).
<b>Dioxinas e Furanos</b>	<b>USEPA 8290A (2007):</b> Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and Polychlorinated Dibenzofurans (PCDFs) by high-resolution gas chromatography / high-resolution mass spectrometry (HRGC/HRMS).

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

- Realizada no dia 23/09/2015 (PM-24 – pré-existente - Demonstração);



# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea

- E entre os dias 07 e 08 de outubro/2015, nos poços de monitoramento recém instalados;



ConAm – Consultoria Ambiental Ltda.

Rua Mourato Coelho 90 cj 24 – SP/SP – CEP 05417-000 – tel/fax 11-3085-6087 – contato@conam.eng.br  
[www.conam.eng.br](http://www.conam.eng.br)

# Investigação Confirmatória

## Amostragem de água subterrânea



# Investigação Confirmatória

## Nomenclaturas das amostras de água subterrânea

Ponto de Amostragem	Identificação da Cadeia de Custódia	Data da Coleta	Parâmetros Analisados*
PM-01	ConAm_AS_4574	08/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-02	ConAm_AS_4575	08/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-03	ConAm_AS_4576	08/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-04	ConAm_AS_4577	07/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-05	ConAm_AS_4578	07/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-06	ConAm_AS_4579	07/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-07	ConAm_AS_4580	08/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-08	ConAm_AS_4581	07/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-09	ConAm_AS_4582	08/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-10	ConAm_AS_4583	08/10/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e Dioxinas e Furanos.
PM-24	ConAm_AS_4381	23/09/2015	Hg, PCB, VOC, SVOC, PAH e TPH finger print

# Investigação Confirmatória

## Parâmetros Físico-Químicos

Amostra	Horário coleta	Temp. (°C)	pH (UpH)	C. E. (µS/cm)	OD (ppm)	ORP (mv)	N.A (m)
PM-01	15:00	20,46	7,53	339,0	0,00	88,6	1,83
PM-02	17:56	21,70	7,26	199,0	0,33	140,6	1,27
PM-03	09:15	21,20	6,28	197,0	0,05	37,3	1,71
PM-04	16:09	24,7	5,76	152,0	0,00	71,3	2,00
PM-05	17:47	23,10	6,27	268,0	0,00	89,1	1,99
PM-06	15:42	23,85	8,78	137,0	1,93	135,8	1,76
PM-07	16:24	21,80	6,36	650,0	1,67	76,6	2,17
PM-08	17:39	21,13	7,51	193,0	0,85	124,8	2,27
PM-09	08:55	20,87	7,75	323,0	3,22	82,4	2,05
PM-10	11:15	25,60	6,10	102,0	0,18	89,6	2,22
PM-24	13:27	20,20	7,43	273,0	0,00	-75,4	2,23

# Investigação Confirmatória

## Parâmetros Físico-Químicos

- **Nível d'Água (N.A)** – Oscilando entre 1,27 metros (PM-02) a 2,27 metros (PM-08);
- **pH** – oscilando entre 5,76 (PM-04) e 8,78 (PM-06) – mediamente ácido a fortemente alcalino;
- **Condutividade elétrica (C.E)** – variou entre 102,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (PM-10) a 650,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (PM-07) ;
- **Potencial Óxido Redução (ORP)** - oscilou de -75,4 mV (PM-24) a 140,6 mV (PM-02), indicando oscilação entre baixos potenciais de redução e de oxidação no aquífero freático local.
- **Oxigênio Dissolvido (O.D)** - variou entre 0,00 e 3,22 mg/L, ficando a média em torno de 0,74 mg/L.

# Investigação Confirmatória

## Nivelamento Topográfico

- Realizado no dia 21/11/2015
- Equipamento: Estação Total - Ruide / RTS 820 R3
- Metodologia: Estação Total
  - Cadastramento topográfico e o nivelamento planialtimétrico dos poços de monitoramento instalados, dos equipamentos, edificações vias de acesso e vizinhança.

# Investigação Confirmatória

## Nivelamento Topográfico



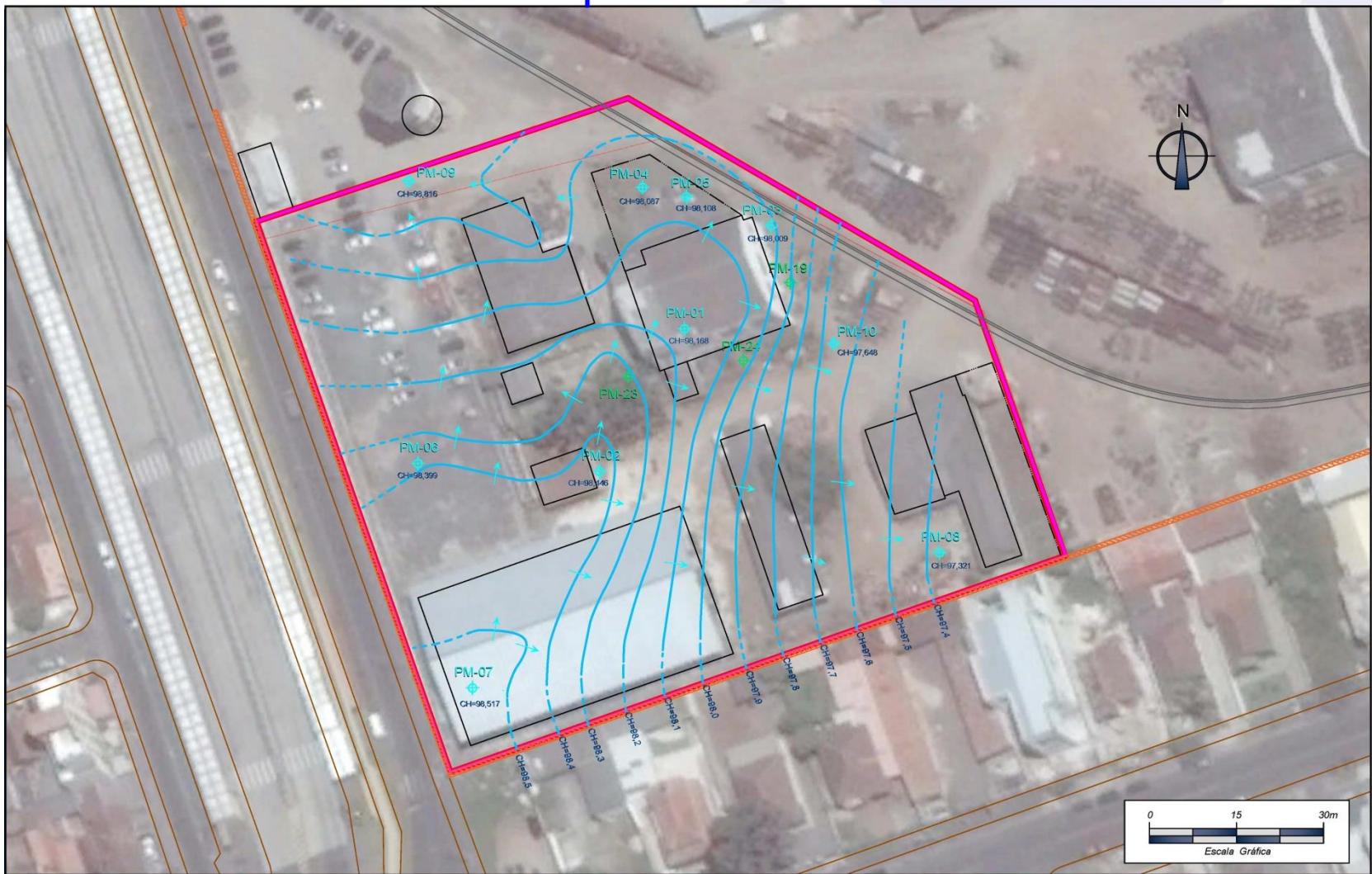
# Investigação Confirmatória

## Nivelamento Topográfico

Pontos de Investigação	Coordenadas (UTM – SAD 69 – 22J)		COTA (m)	N.A (m)	Carga Hidráulica (m)
	E	S			
S-01 / PM-01	679617,952	7183892,54	99,938	1,77	98,168
S-02 / PM-02	679603,372	7183868,03	99,646	1,20	98,446
S-03 / PM-03	679632,867	7183910,37	99,699	1,69	98,009
S-04 / PM-04	679610,74	7183916,86	100,087	2,00	98,087
S-05 / PM-05	679618,292	7183915,24	100,078	1,97	98,108
S-06 / PM-06	679572,138	7183869,40	99,879	1,48	98,399
S-07 / PM-07	679586,774	7183830,38	100,407	1,89	98,517
S-08 / PM-08	679665,426	7183852,96	99,531	2,21	97,321
S-09 / PM-09	679570,532	7183917,98	99,846	2,03	97,816
S-10 / PM-10	679643,622	7183890,03	99,678	2,03	97,648

# Investigação Confirmatória

## Mapa Potenciométrico



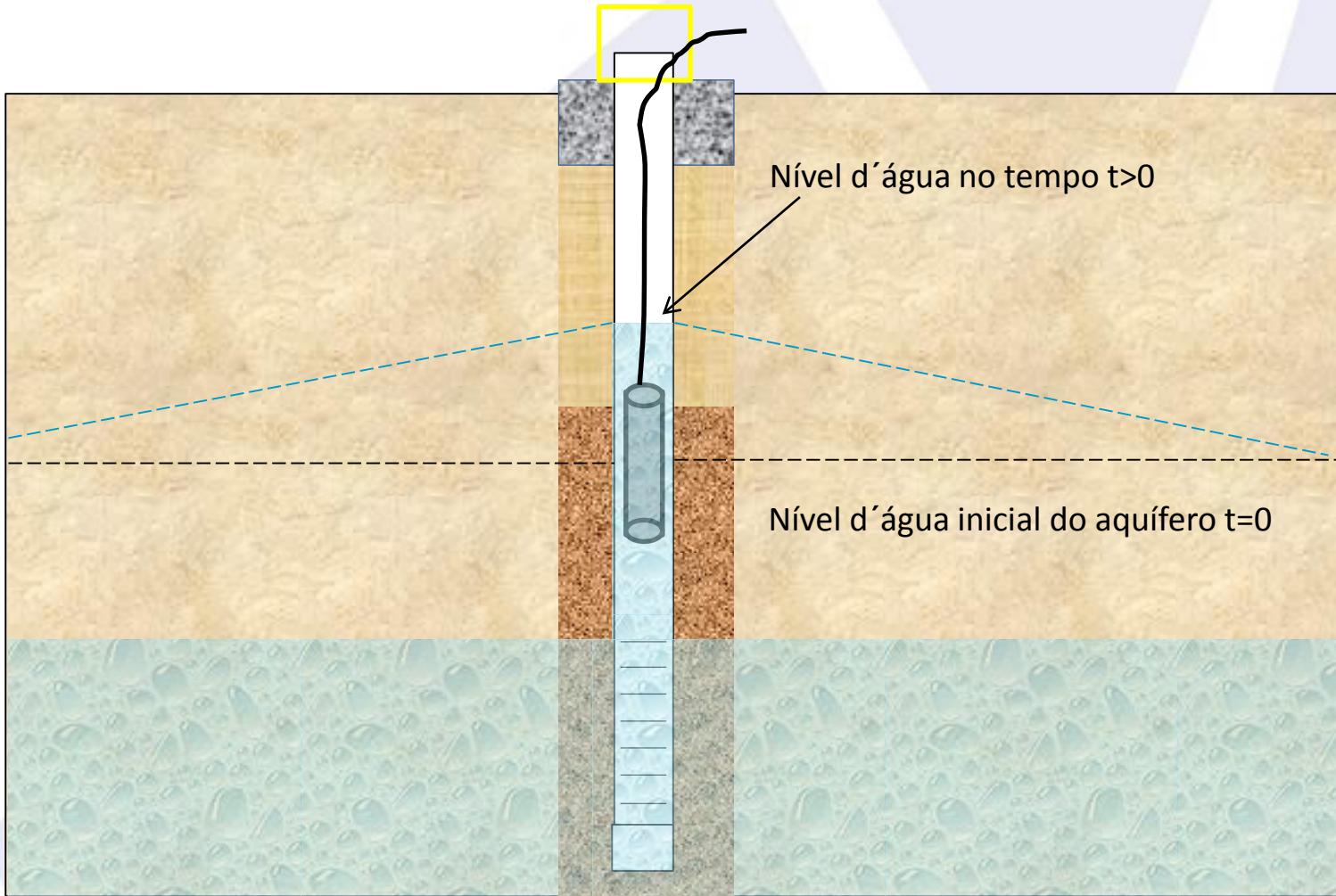
# Investigação Confirmatória

## Ensaio Hidráulico (*Slug/Bail Test*)

- Objetivo: Avaliar a condutividade hidráulica em uma camada específica;
- Introdução súbita de sólido cilíndrico inerte de volume conhecido dentro do poço;
- Obtenção de valores de condutividade hidráulica em volumes médios para meios heterogêneos porém isotrópicos;
- Possibilidade de avaliação em aquíferos com baixas condutividades hidráulicas, onde não é eficaz o teste de bombeamento;
- Pode ser realizado em qualquer tipo de poço;
- Procedimento rápido e baixo custo.

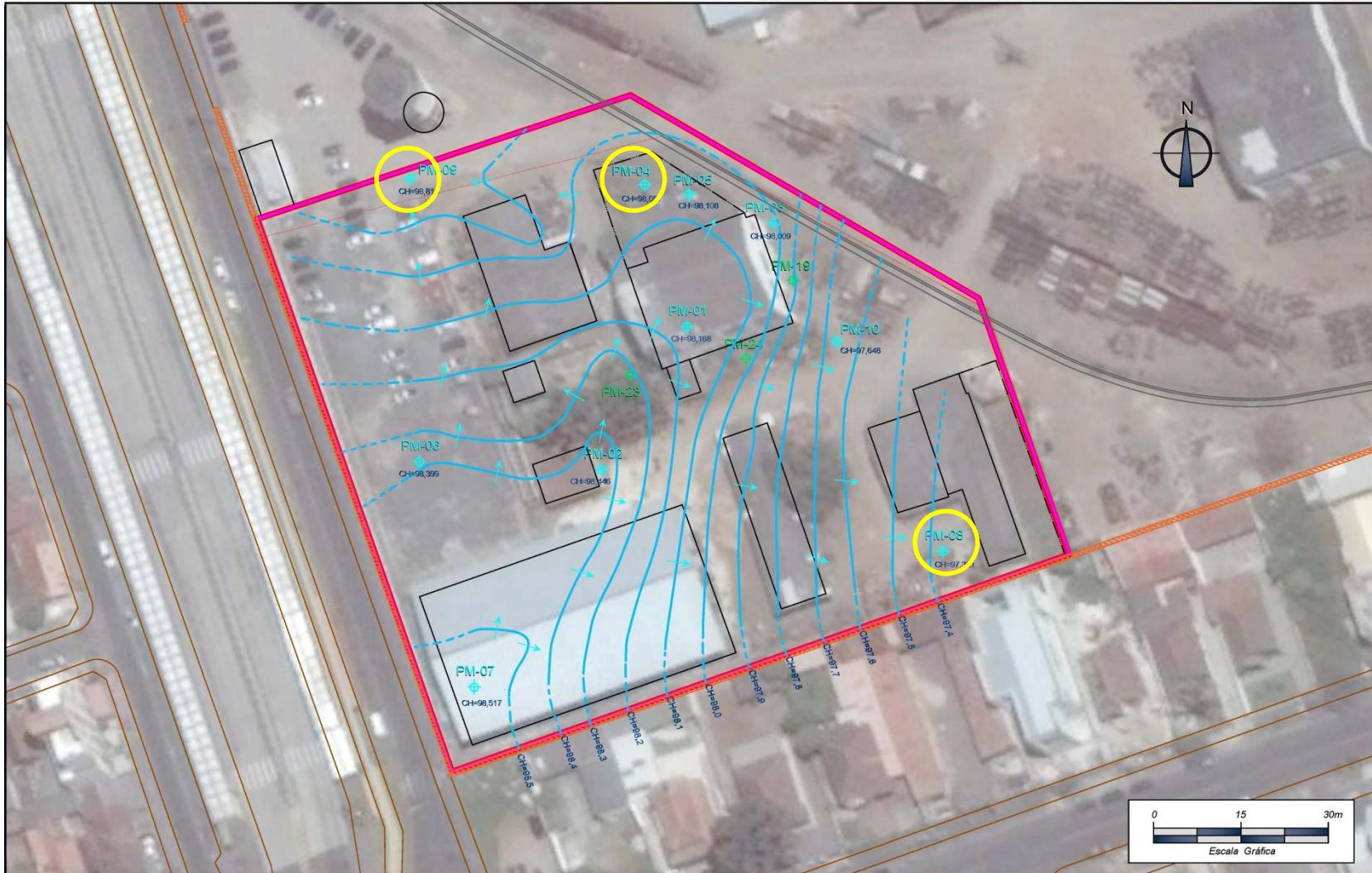
# Investigação Confirmatória

## Ensaio Hidráulico (*Slug/Bail Test*)



# Investigação Confirmatória

## Ensaio Hidráulico (*Slug/Bail Test*)



ConAm - Consultoria Ambiental Ltda.

Rua Mourato Coelho 90 cj 24 – SP/SP – CEP 05417-000 – tel/fax 11-3085-6087 – [contato@conam.eng.br](mailto:contato@conam.eng.br)  
[www.conam.eng.br](http://www.conam.eng.br)

# Investigação Confirmatória

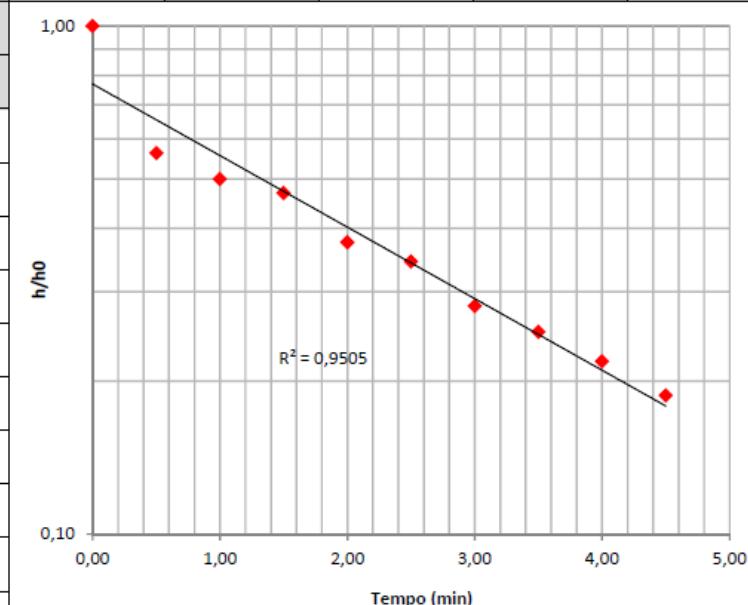
## Ensaio Hidráulico (*Slug/Bail Test*)



# Investigação Confirmatória

## Ensaio Hidráulico (*Slug/Bail Test*)

MEMORIAL DE CÁLCULO DE ENSAIO HIDROGEOLÓGICO - MÉTODO DE HVORSLEV								
Local:	Emílio Bertolini - Curitiba (PR).	NE (m):	1,78	r (m):	0,0254	T <sub>0</sub> (s):	128	
Data:	09/10/15	Prof. (m):	5,22	R (m):	0,0508	K (cm.s <sup>-1</sup> ):	3,08E-04	
Poço:	PM-09	D. (pol):	2	L <sub>e</sub> (m):	3,44	Tratado por:	VPL	
Executante:	Odair e Marcinei	Cota (m):	-	h <sub>0</sub> (m):	0,32	Data:	09/10/15	
Tempo		NA	h	h/h <sub>0</sub>				
(min)	(s)	(m)	(m)	(m)				
0,00	0	1,460	0,32	1,00				
0,50	30	1,600	0,18	0,56				
1,00	60	1,620	0,16	0,50				
1,50	90	1,630	0,15	0,47				
2,00	120	1,660	0,12	0,38				
2,50	150	1,670	0,11	0,34				
3,00	180	1,690	0,09	0,28				
3,50	210	1,700	0,08	0,25				
4,00	240	1,710	0,07	0,22				
4,50	270	1,720	0,06	0,19				



A scatter plot showing the relationship between the ratio of head to initial head,  $h/h_0$ , on the y-axis (ranging from 0,10 to 1,00), and time in minutes on the x-axis (ranging from 0,00 to 5,00). Red diamond-shaped data points show a clear linear decrease. A solid black line is drawn through the points, representing the theoretical drawdown curve. The coefficient of determination,  $R^2$ , is indicated as 0,9505.

# Investigação Confirmatória

## Velocidade de fluxo da água subterrânea

Fórmula de Fluxo ou Velocidade de Darcy

$$q = K \cdot \frac{\Delta h}{L}$$

$q$ = fluxo, velocidade aparente ou velocidade de Darcy (cm/s);

$K$  = condutividade hidráulica (cm/s) – **Obtida através do Slug Test**

$\frac{\Delta h}{L}$  = gradiente hidráulico (adimensional) – **Medições de campo**

Fórmula da velocidade real:

$$v = \frac{q}{n_e}$$

$v$ = fluxo, velocidade aparente ou velocidade de Darcy (cm/s)

$q$ = fluxo, velocidade aparente ou velocidade de Darcy (cm/s)

$n_e$ = porosidade efetiva – **Obtida através da análise geotécnica**

# Investigação Confirmatória

## Velocidade de fluxo da água subterrânea

Condutividade Hidráulica (cm/s)	Gradiente Hidráulico (adimensional)	Fluxo (cm/s)	Porosidade Efetiva	Velocidade Real (m/ano)
PM-07 para PM-08				
1,09E-04	0,01440	2,736E-6	0,038	13
PM-01 para PM-04				
2,08E-03	0,00324	9,07E-6	0,038	55
PM-06 para PM-09				
3,08E-4	0,01290	3,97E-6	0,038	30

# Obrigado !

Gustavo Freitas

[gustavo.freitas@conam.eng.br](mailto:gustavo.freitas@conam.eng.br)

Hélio Verza

[helio.verza@conam.eng.br](mailto:helio.verza@conam.eng.br)

Sérgio Pascoal

[sergiop@conam.eng.br](mailto:sergiop@conam.eng.br)