

**Investigação de alta resolução e os novos paradigmas do gerenciamento de áreas contaminadas**

**Lyvia Souza**

**Leandro Gomes de Freitas**

*Palestra on-line promovida pelo Comitê de Jovens da ABGE, 10 nov., 2021. 28 slides.*

*A série “Comunicação Técnica” compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO, APENAS CONSULTA***



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE  
GEOLOGIA DE ENGENHARIA E  
AMBIENTAL - COMITÊ DE JOVEM

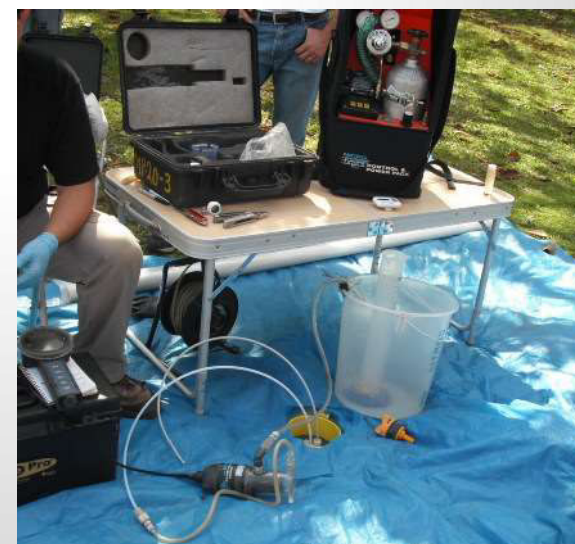
## **Tema**

**Investigação de alta resolução e os novos paradigmas do  
Gerenciamento de Áreas Contaminadas**

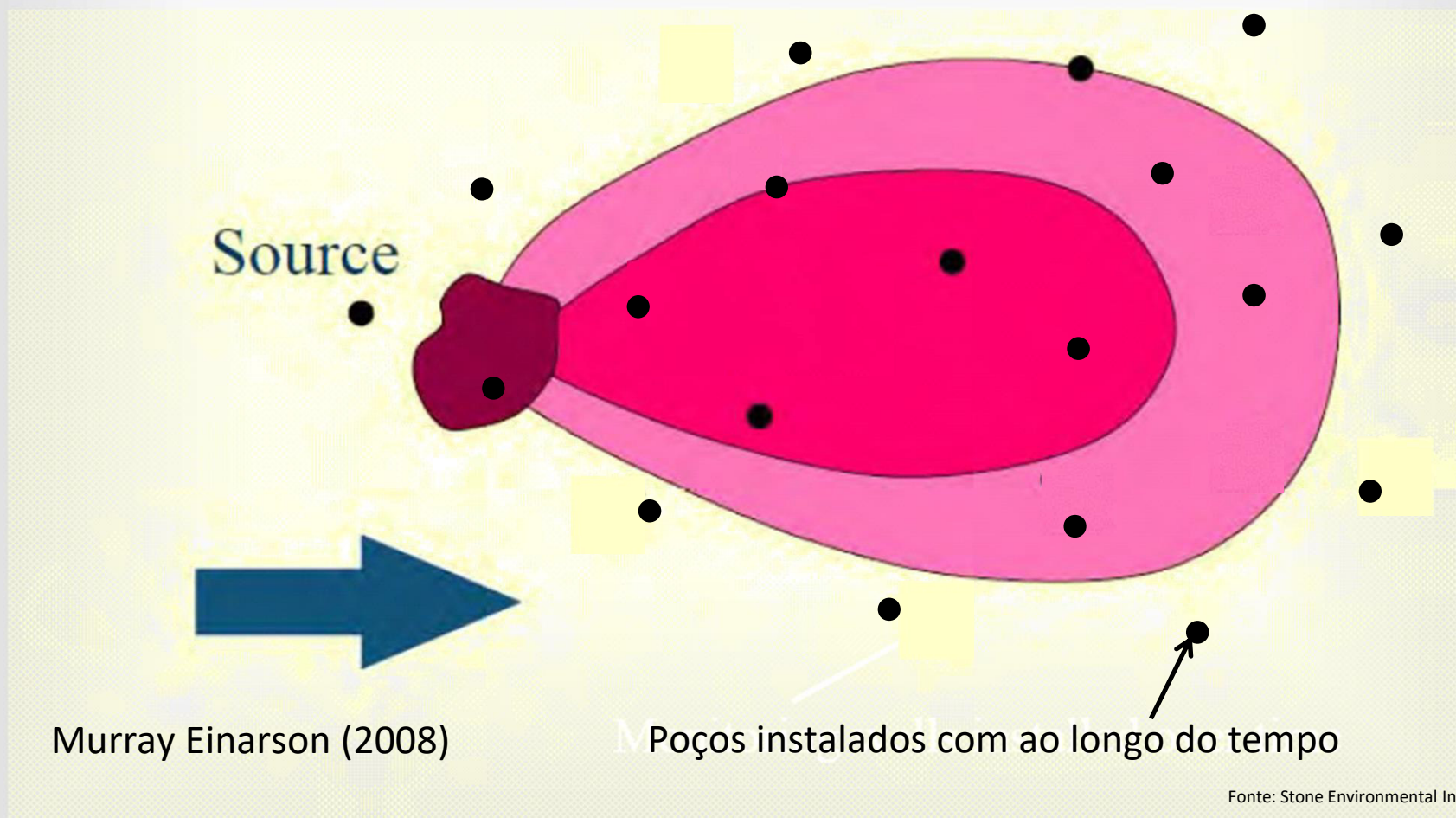
Lyvia Souza  
Leandro Freitas  
Novembro/2021



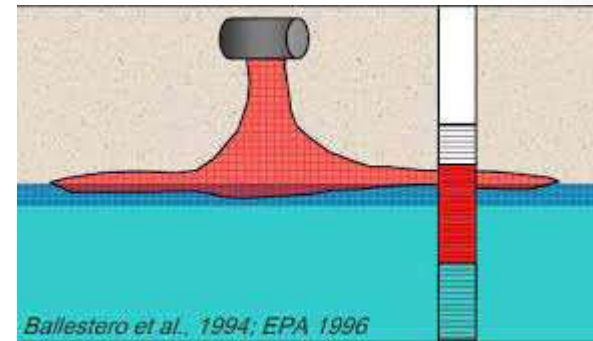
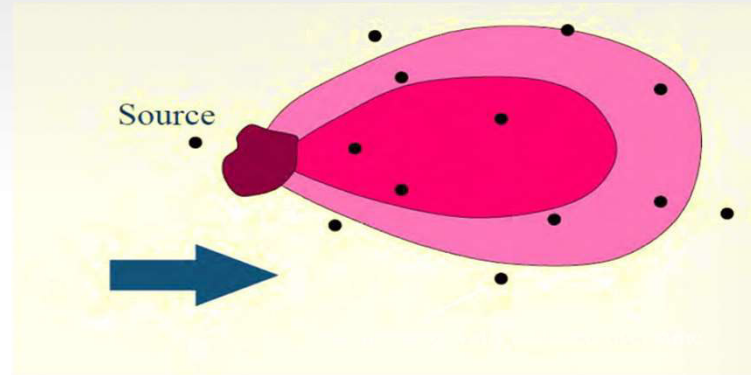
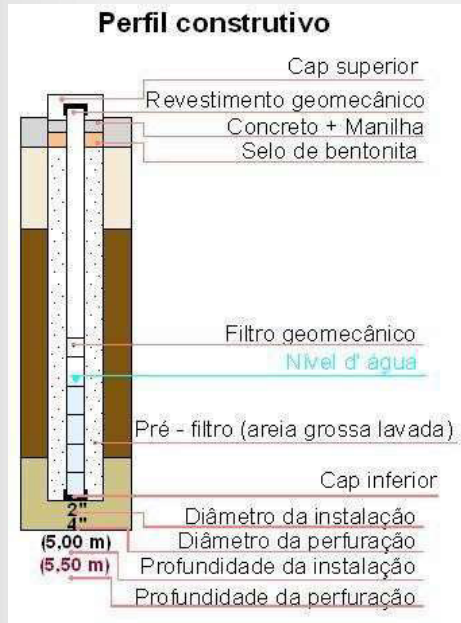
## Abordagem convencional



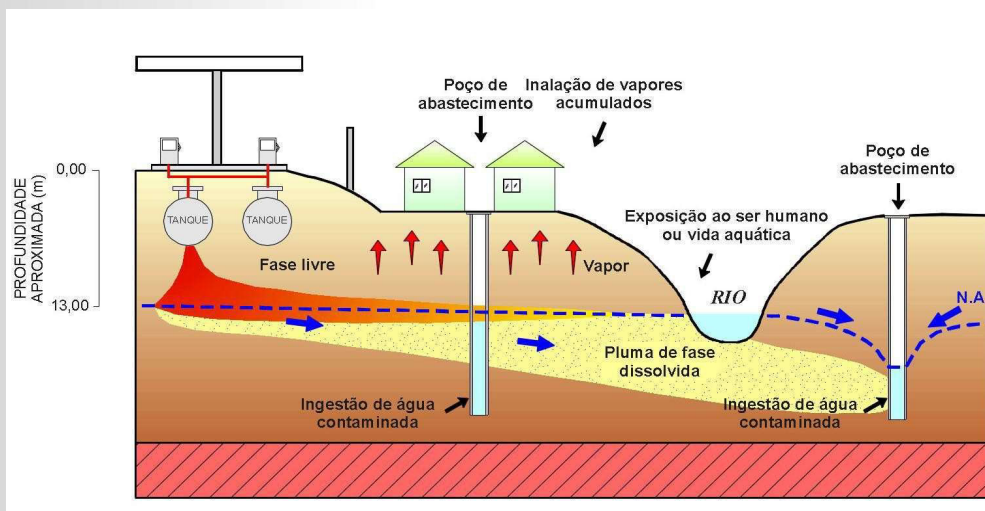
# Abordagem convencional



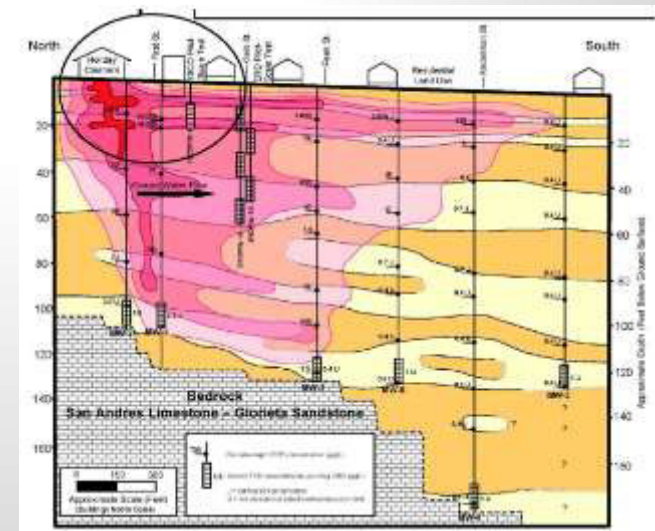
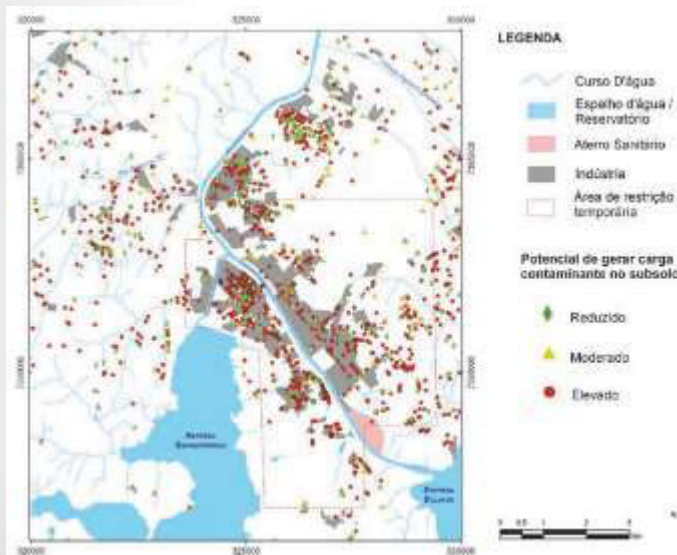
# Abordagem convencional



“Pancake model”

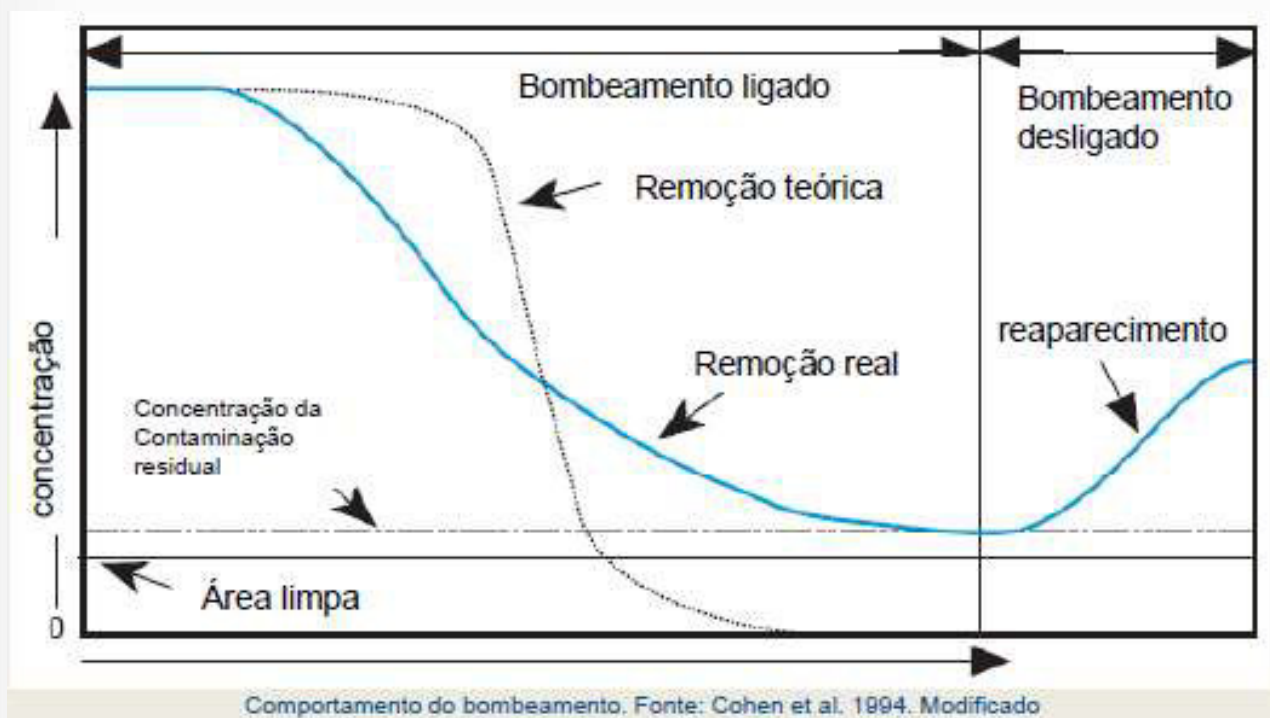


Fontes diversas + Heterogeneidades do subsolo



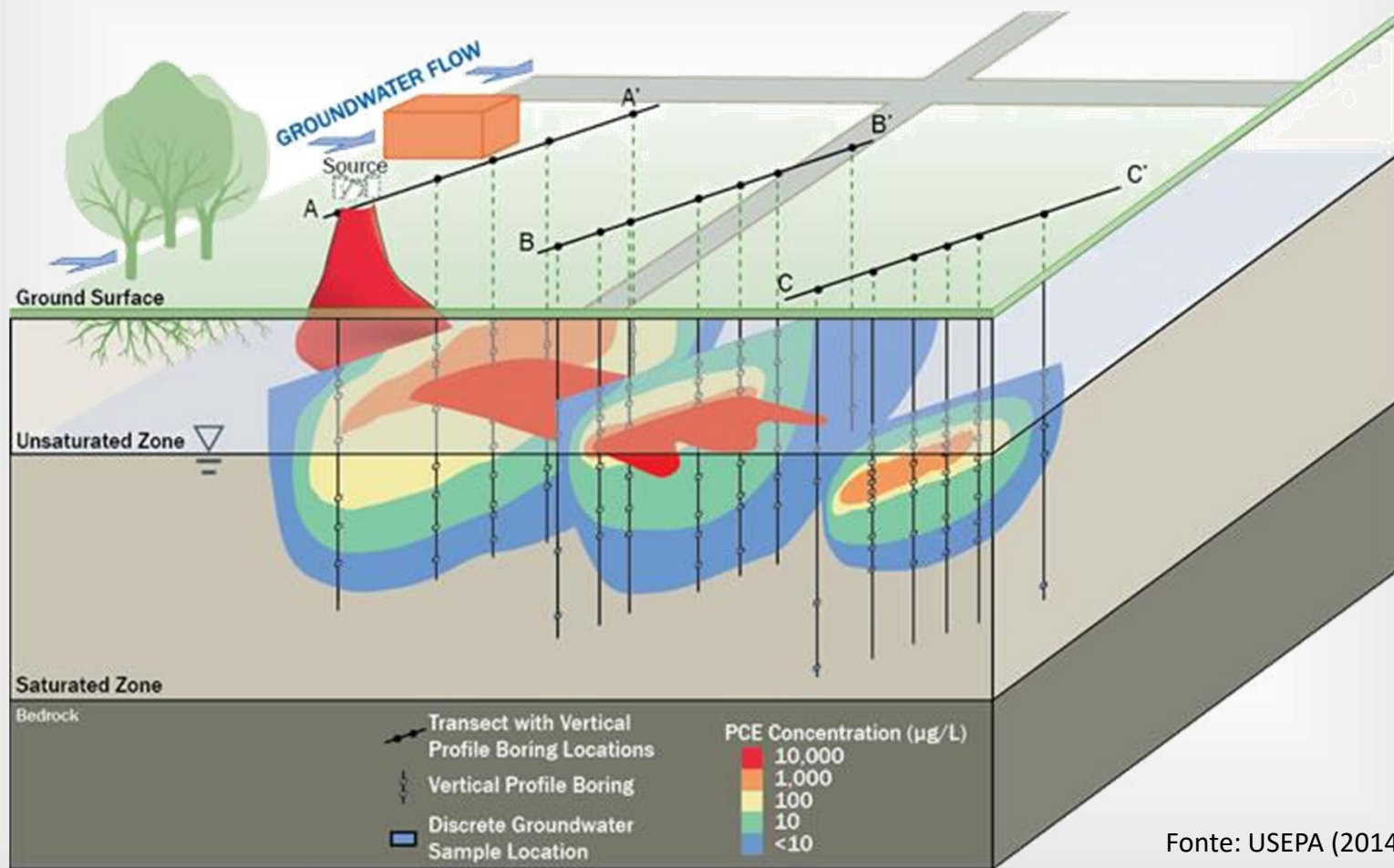
Cenários complexos de contaminação

# Insucesso das remediações



Fonte: KUROZAWA (2009)





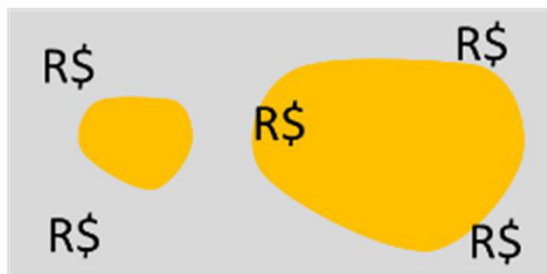
Fonte: USEPA (2014)

*High Resolution Site Characterization (HRSC)*



## Muitos dados baratos

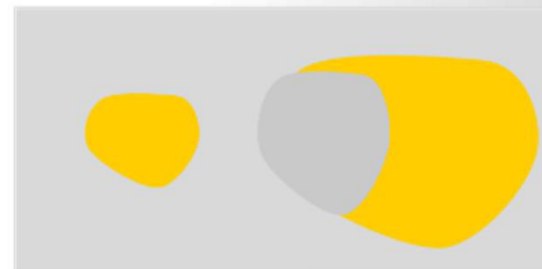
Investigação Convencional



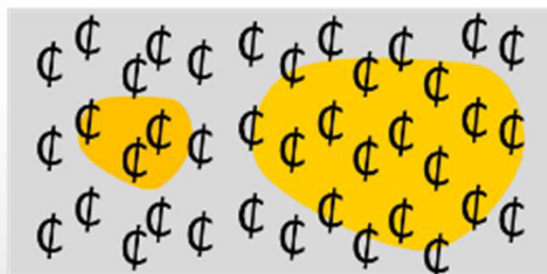
Remediação



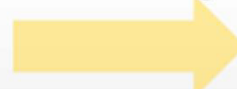
Remediação Incompleta



Investigação Alta Resolução



Remediação



Remediação Completa



Segundo a DD-38-2017-C (CETESB):

“Item 4.1.5...

...Observação 1: Recomenda-se a utilização de métodos de investigação de alta resolução na investigação de áreas com complexidades associadas ao meio físico e à distribuição das substâncias químicas de interesse, além da localização de fontes primárias de contaminação não identificadas nas etapas de Avaliação Preliminar e Investigação Confirmatória.”

## Técnicas de investigação de alta resolução

Segundo a USEPA, a escolha das técnicas mais adequadas deve se pautar:

- Nas características do meio (ex. meio poroso; meio fraturado; litologia);
- Nos tipos de dados gerados (ex. qualitativos, semi-quantitativos ou quantitativos; caracterização geológica, hidrogeológica, ou dos contaminantes; etc);
- Na taxa de produção pretendida;
- Na relação custo benefício para cada projeto

O uso de softwares para o tratamento e visualização rápida dos dados, possibilitando a geração de mapas, seções e modelos 3D para uma representação gráfica e elucidativa dos resultados.

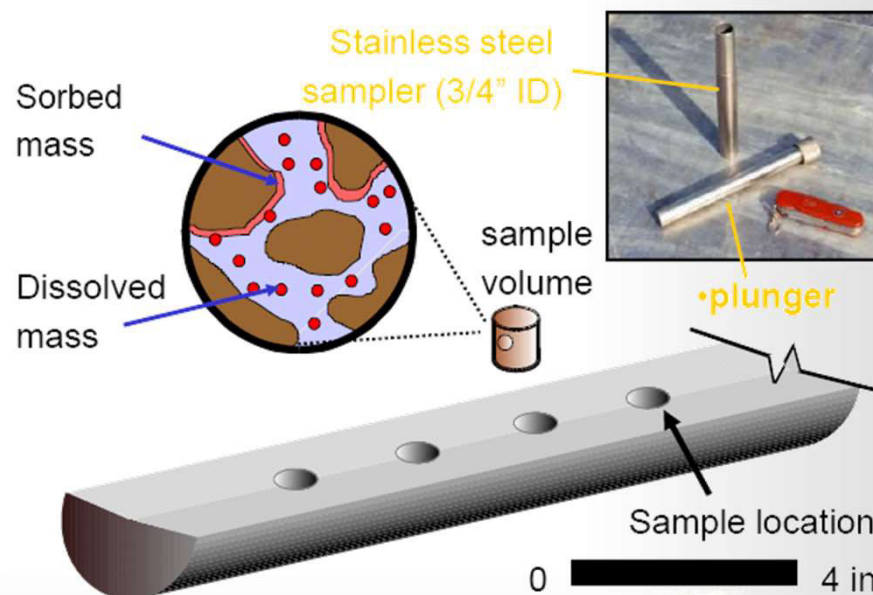
## Principais técnicas de HRSC para caracterização litológica e hidrogeológica

- Amostragem discreta e/ou contínua do perfil do solo pelos métodos *Direct Push*;
- Amostragem contínua de meios consolidados e/ou fraturados (ex. Sondagem sônica);
- Técnicas geofísicas (em superfície, em poços ou sondagens);
- CPTu (Piezocone) e o RCPTu (Piezocone de Resistividade);
- Ponteiros com sensores de condutividade elétrica (EC);
- *Soil Colour Optical Screening Tool (SCOST)*;
- *Hydraulic Pressure Test (HPT)*;
- Medidores de fluxo em poços e/ou sondagens (e.g. *Vertical Flowmeter Logging, Point Velocity Probes*)
- Equipamentos para ensaios pontuais de condutividade hidráulica (*Direct Push Slug Test, Pneumatic Slug Testing*)



## Amostragem discreta e multipontual de solo

3.25-inch OD  
1.85-inch  
core

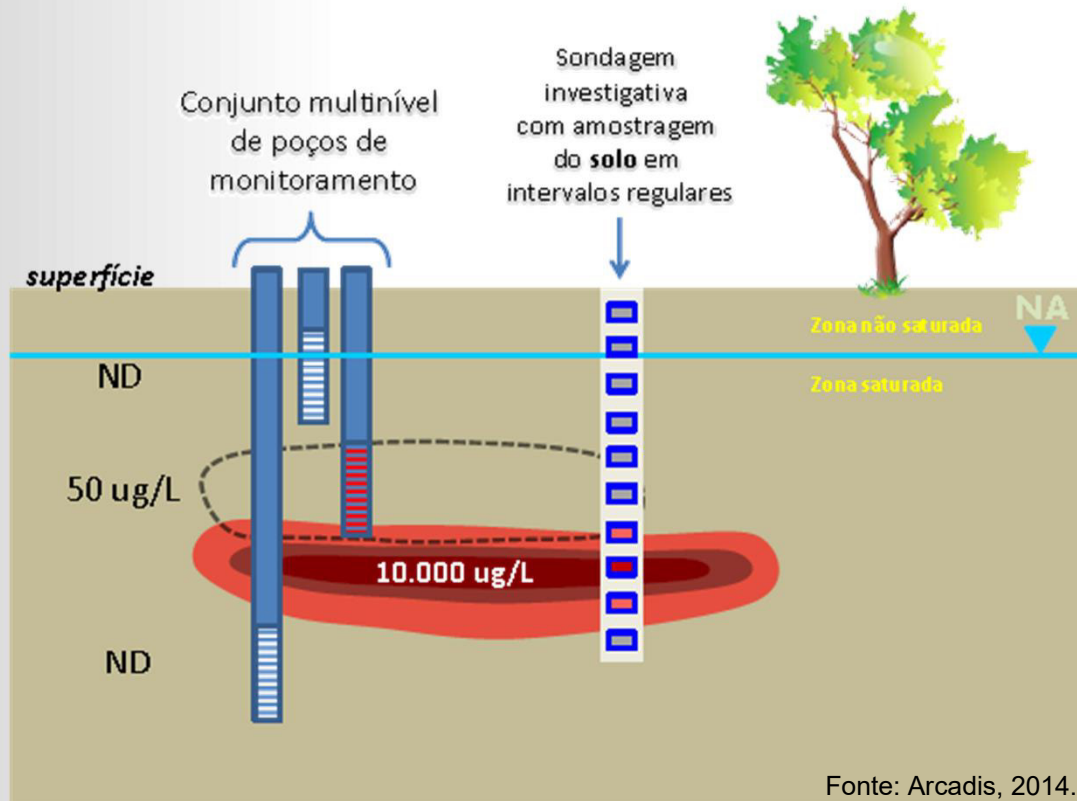


Fonte: Stone Environmental Inc.

ABNT NBR 16434/2015 - Amostragem de resíduos sólidos, solos e sedimentos - Análise de compostos orgânicos voláteis (COV)

## Amostragem discreta e multipontual de solo

### VPB - Vertical Profile Boring



*Whole core soil sampling (WCSS); ou*

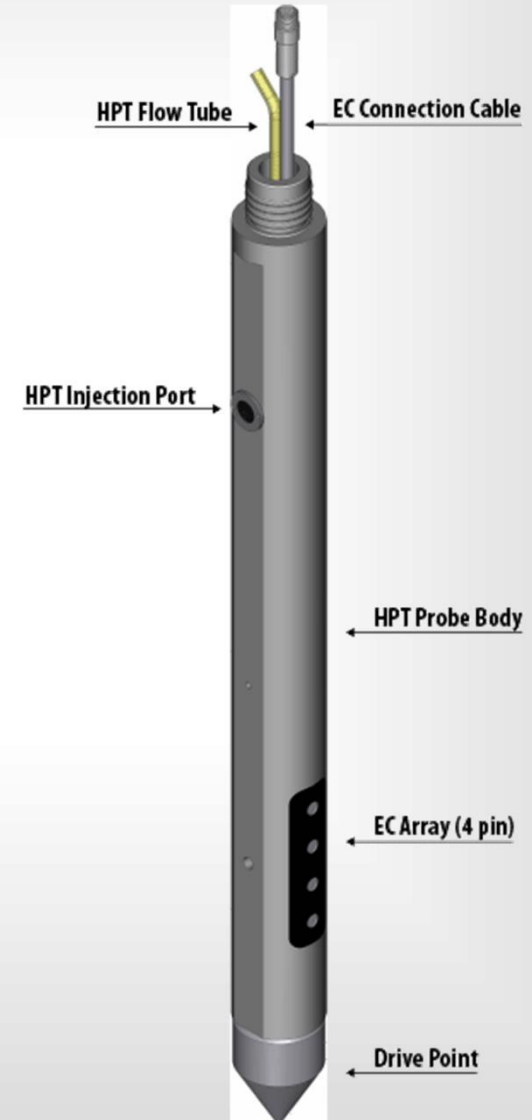
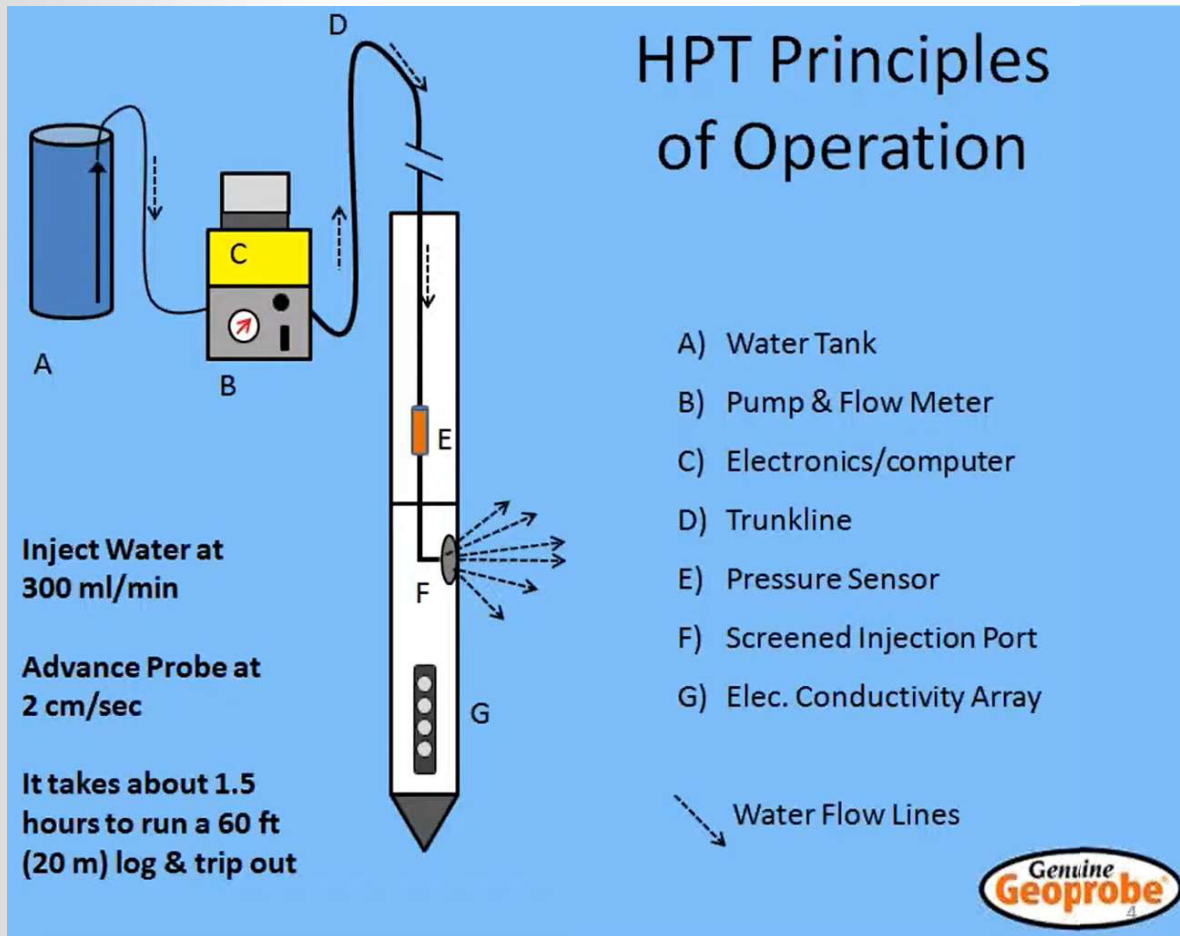
Amostragem de solo de perfil completo (ASPC)

Fonte: Riyis et al. (2019)

ND = não detectado

☐ = Amostra de solo (saturado e não saturado em perfuração de alta resolução)

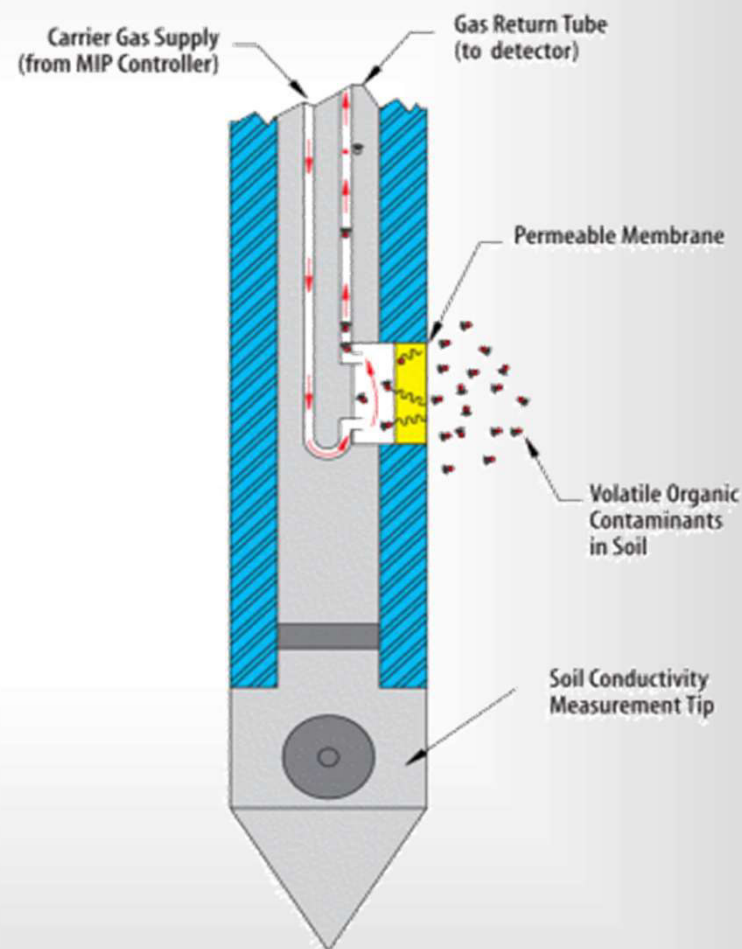
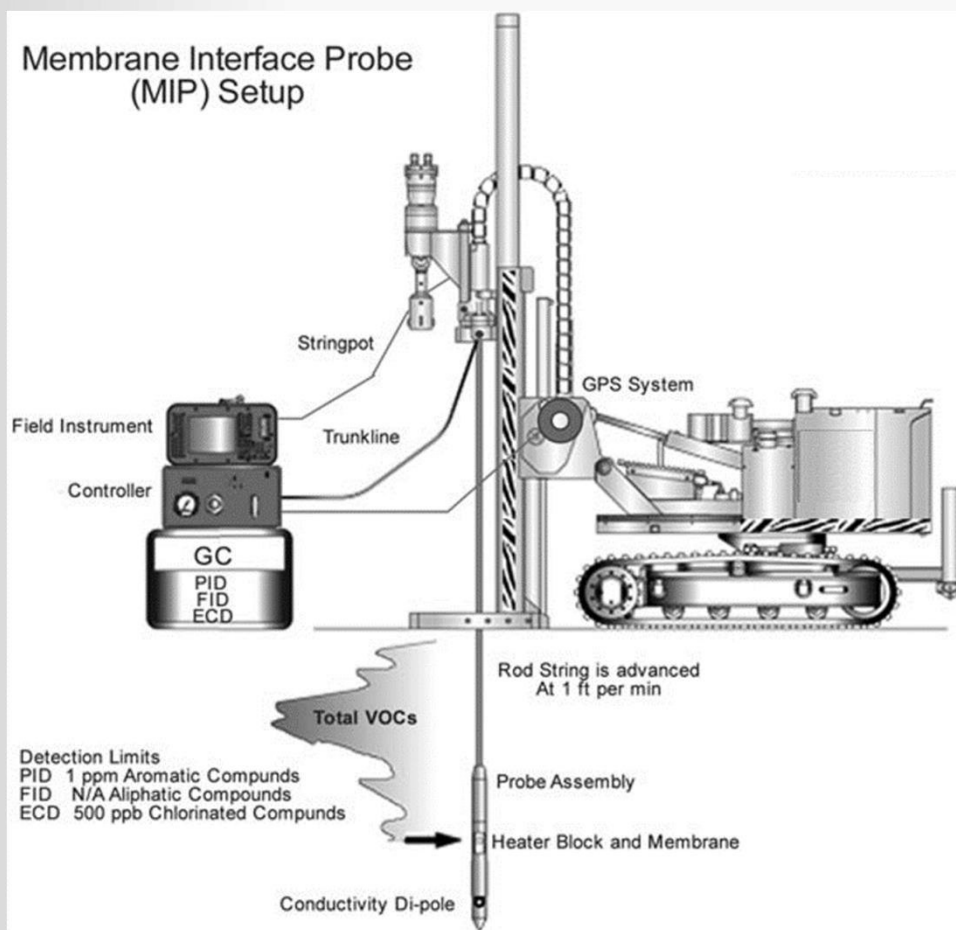
## HPT (*Hydraulic Profiling Tool*)



(GEOPROBE, 2013)

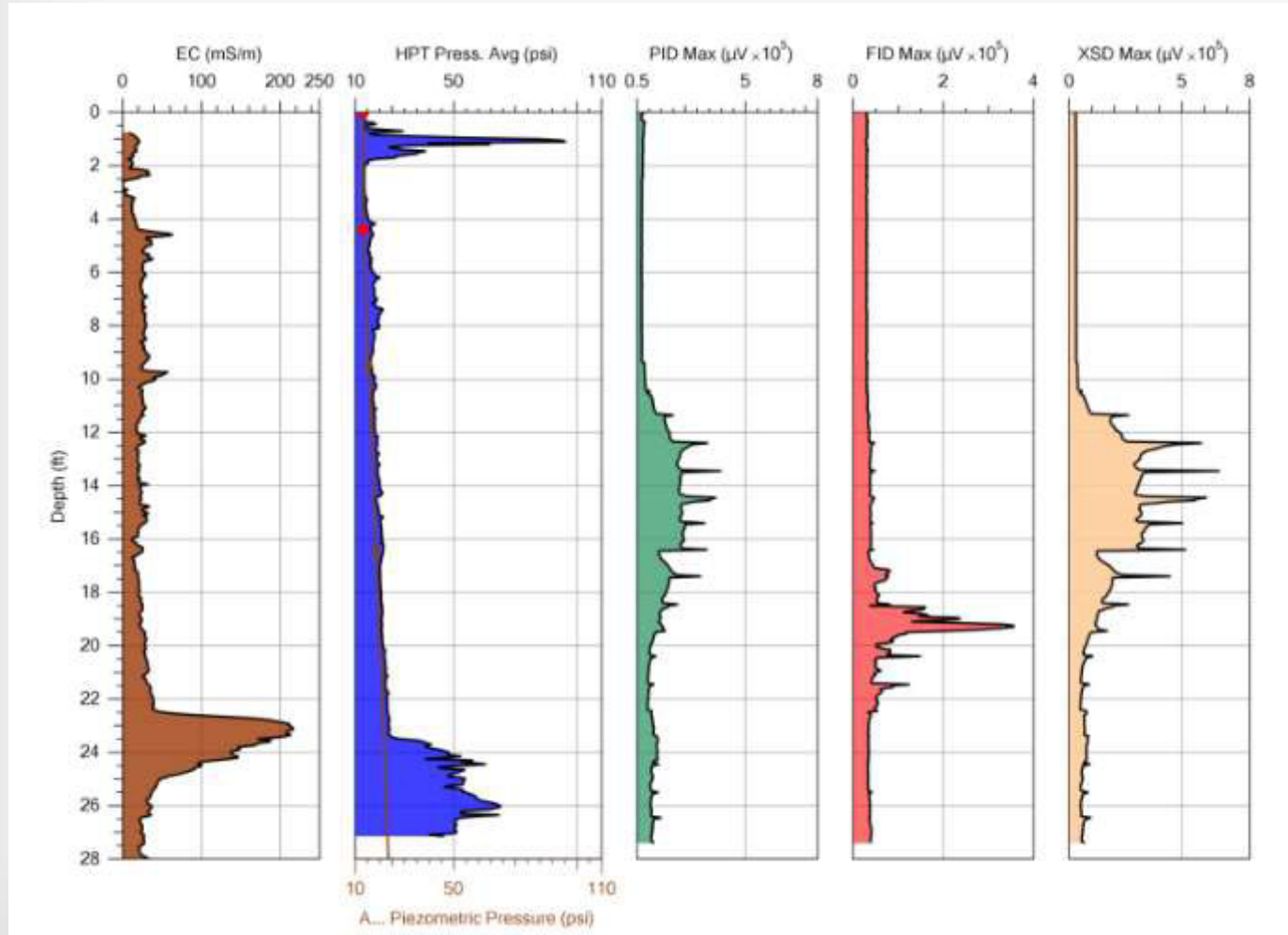


## Membrane Interface Probe (MIP)



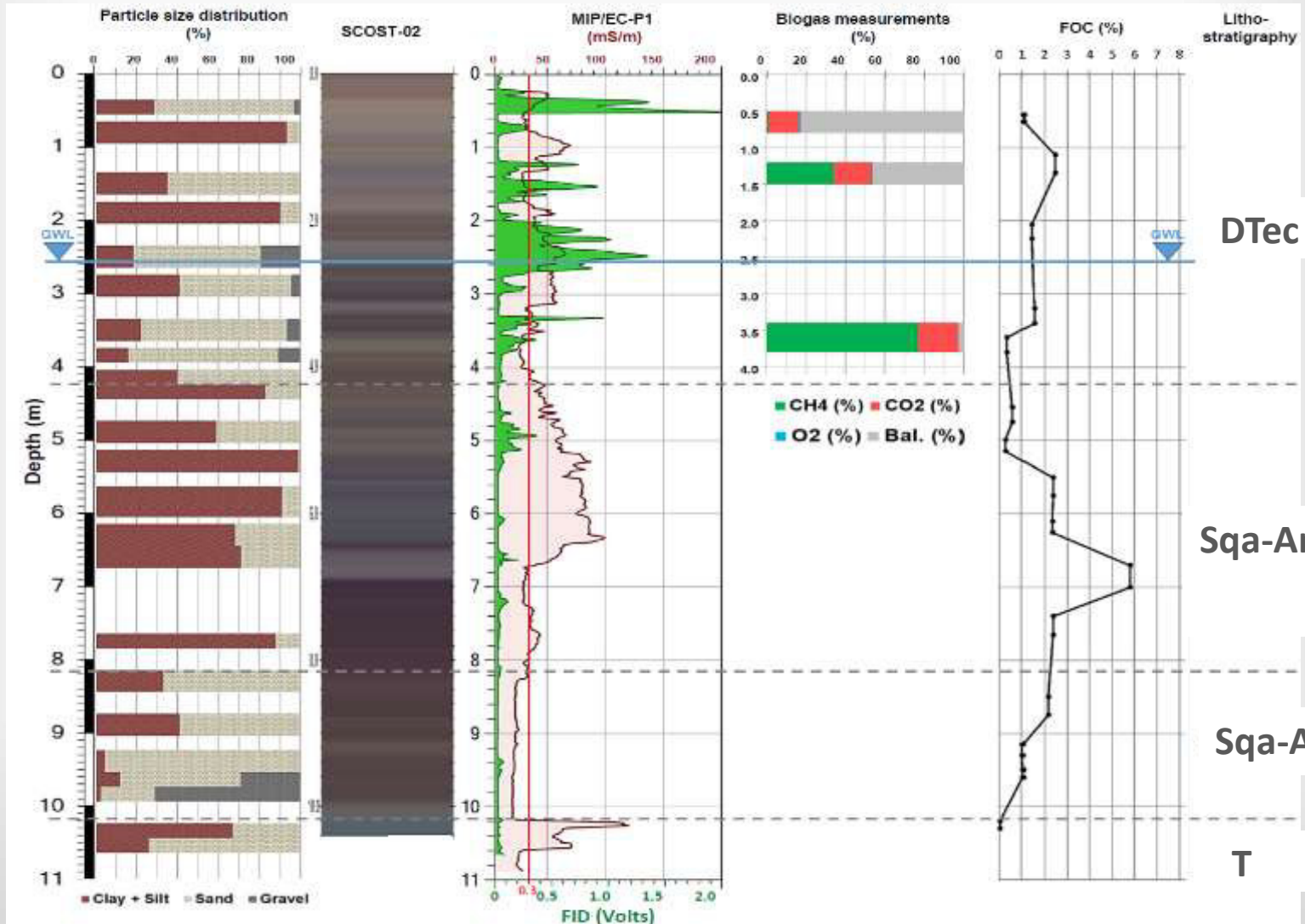
Princípio de funcionamento da sonda MIP.

## Combinação de técnicas

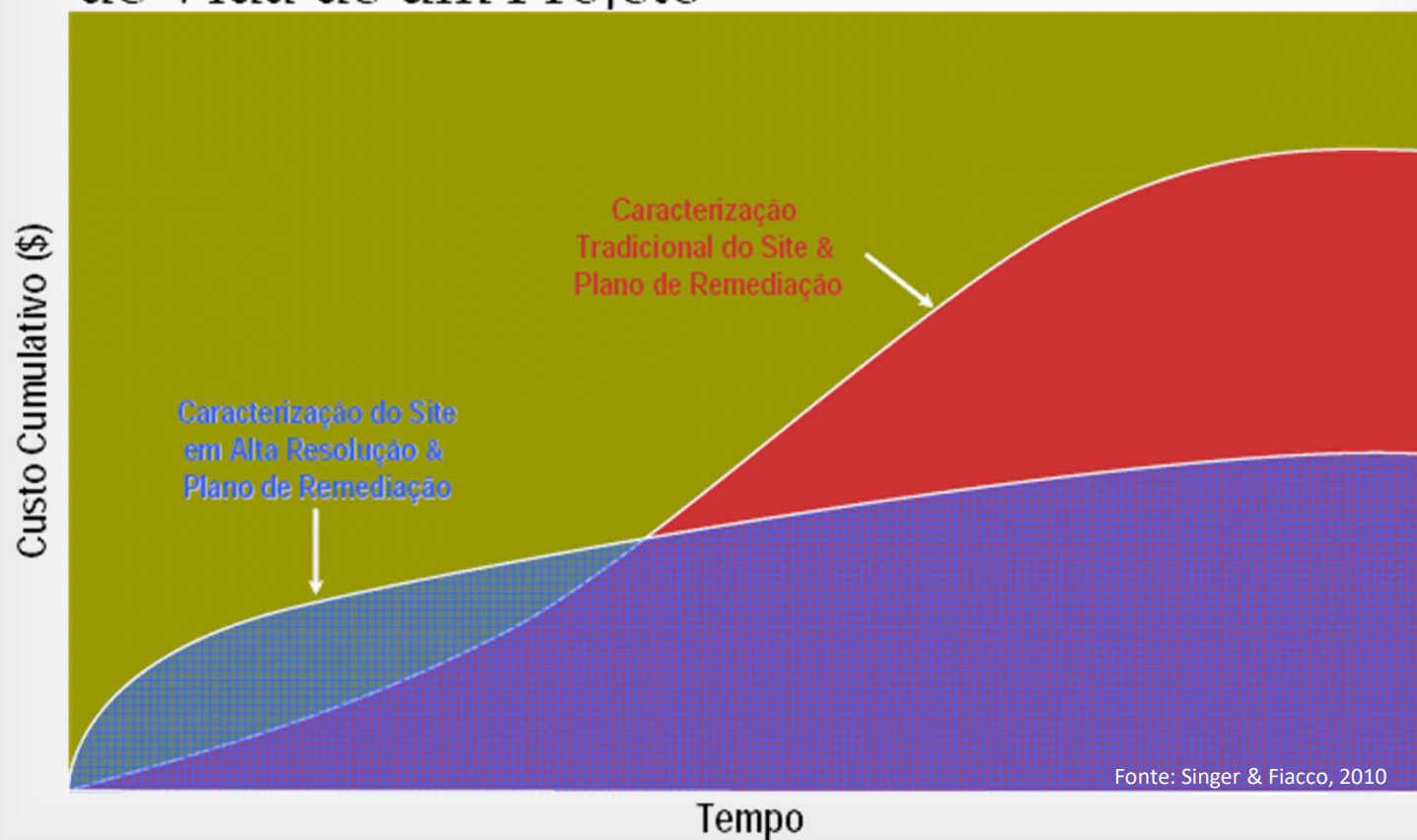


Perfis de resposta dos detectores do MIP-HPT

## Combinação de técnicas

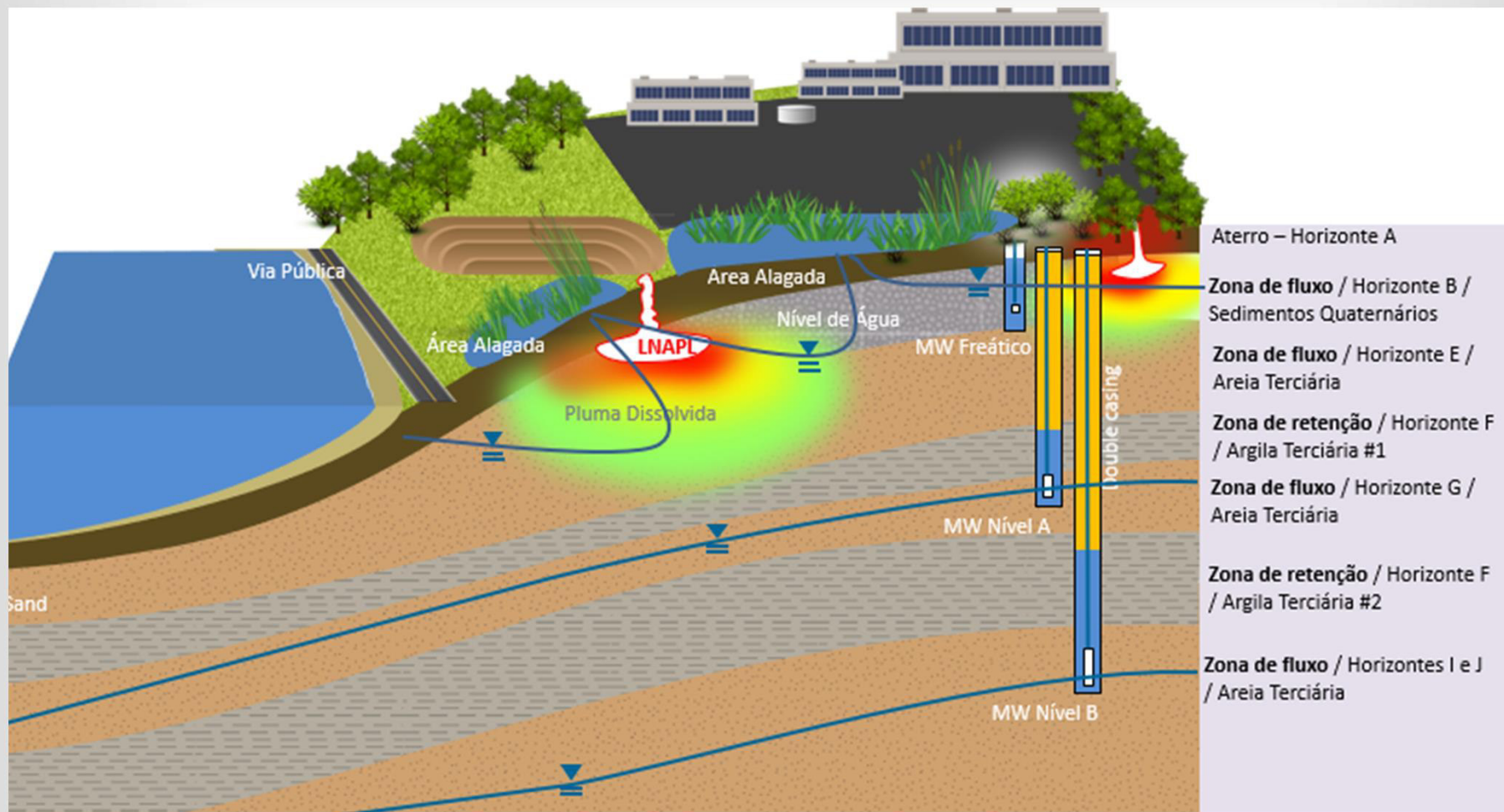


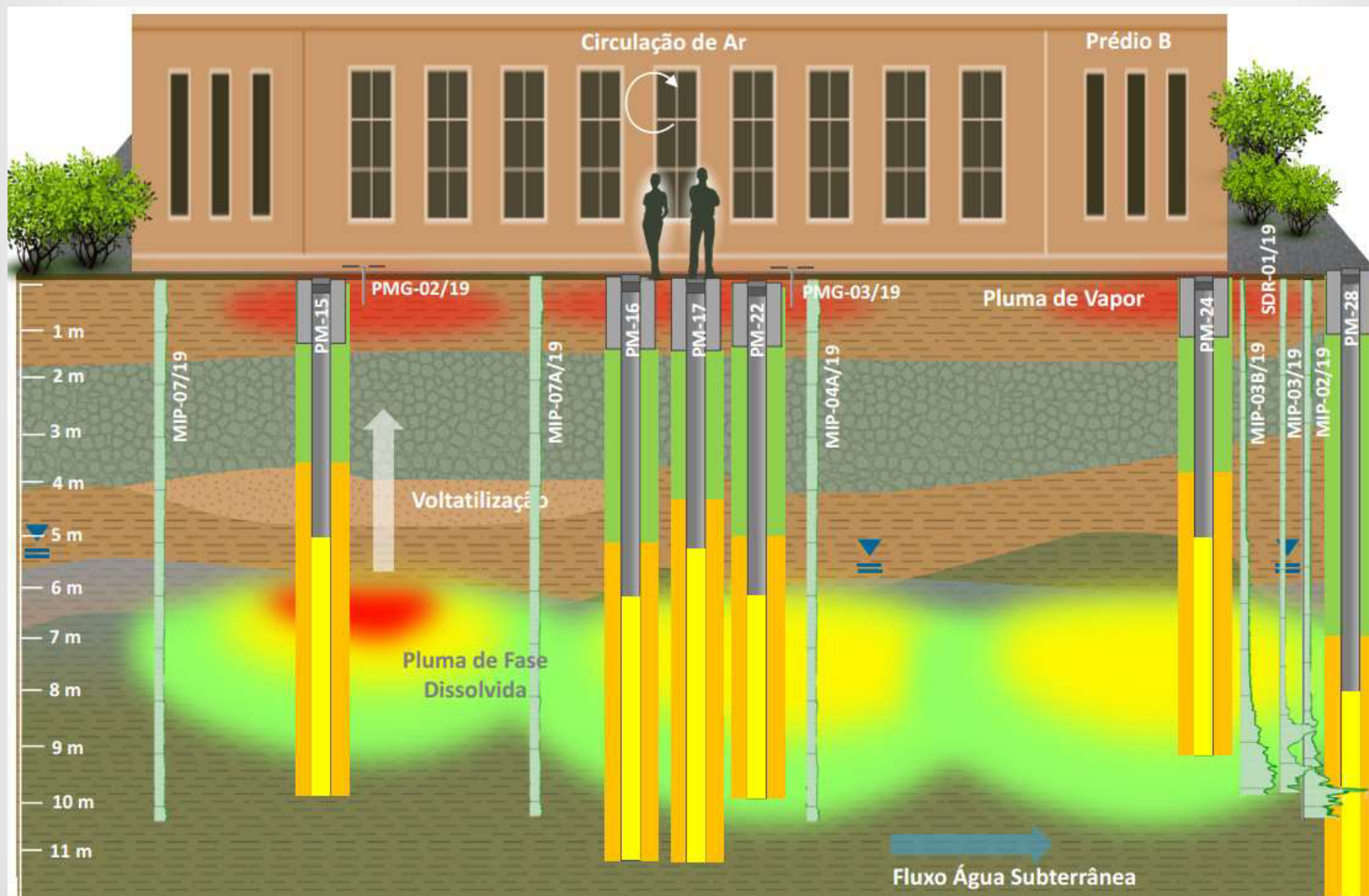
## Custo-Benefício: Comparação do Custo do Ciclo de Vida de um Projeto

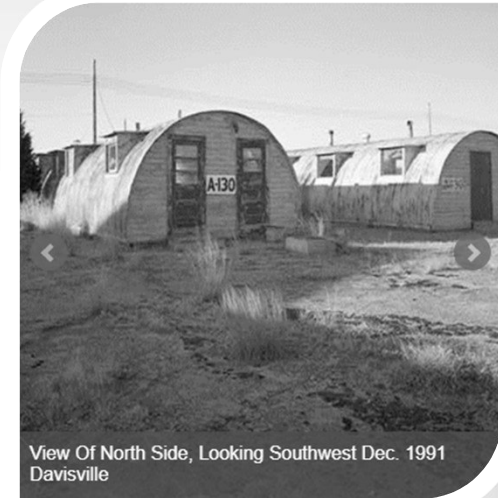


“Cada \$ gasto em técnicas de definição de fluxo de massa pode levar a um ROI de 3 a 5 vezes (ou mais) em termos de redução do custo geral de remediação” (Suthersan et al, 2015).

# Caso Nacional #1







View Of North Side, Looking Southwest Dec. 1991  
Davisville

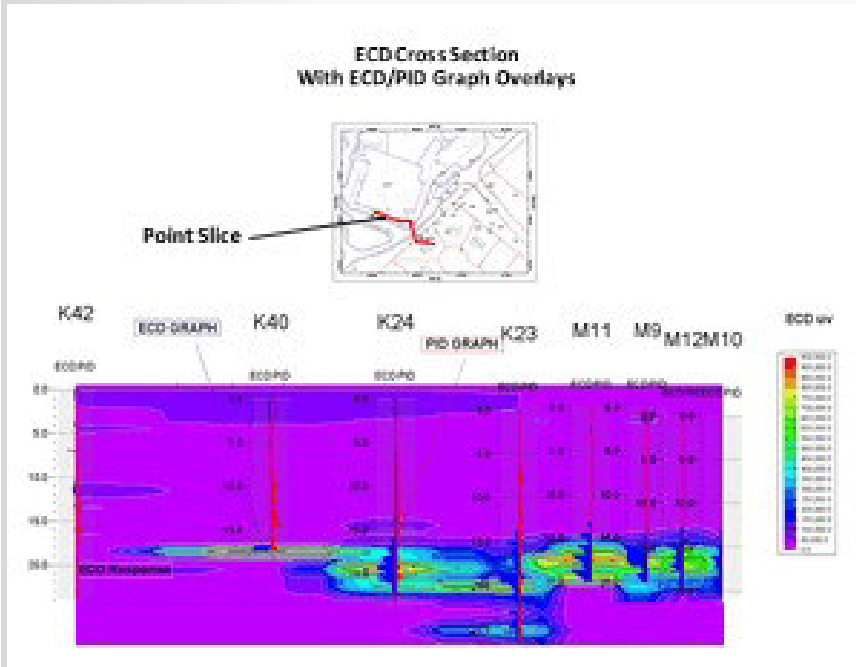


## Redução:

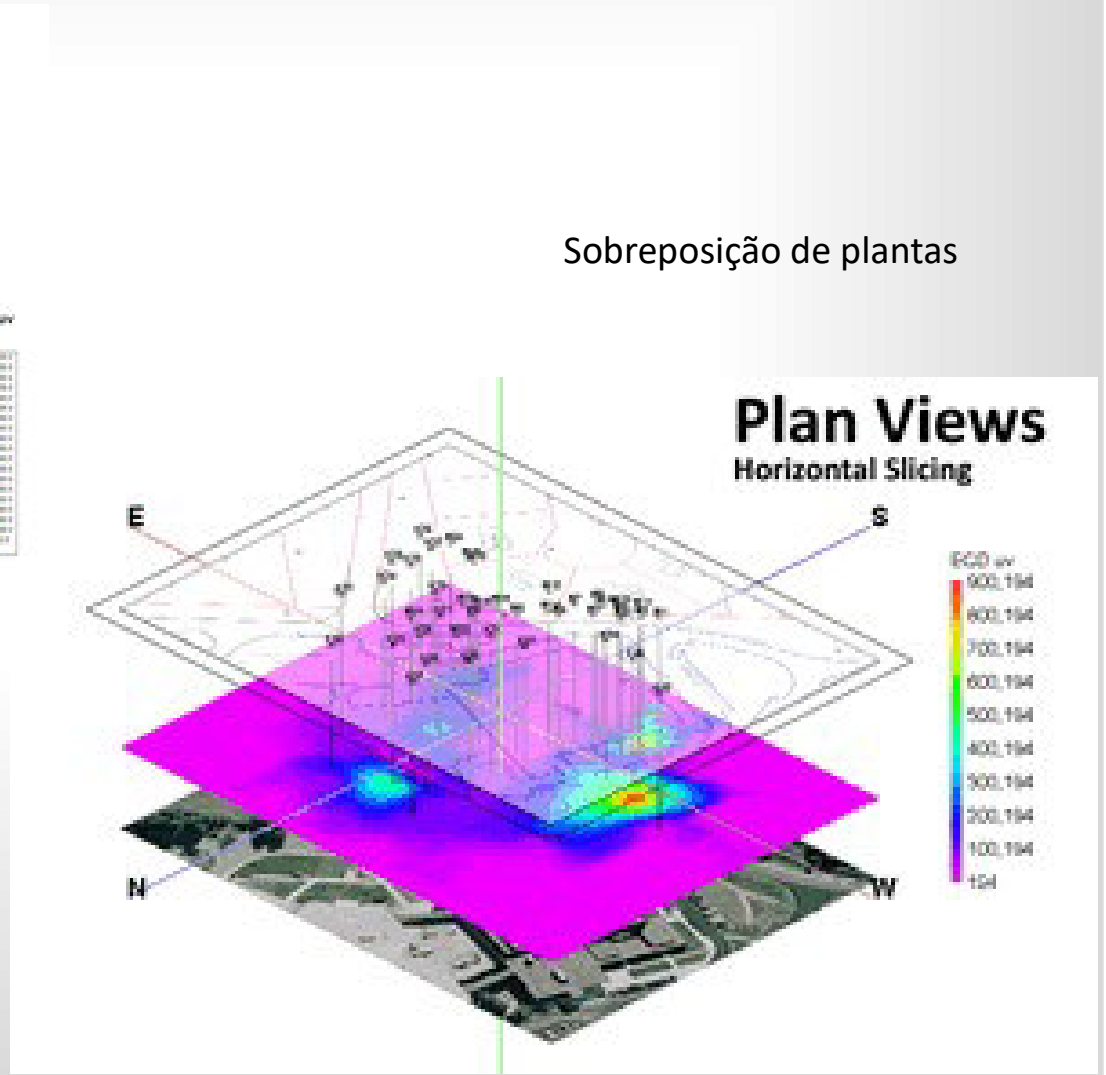
- 3 anos;
- 50% custos remediação;
- 40% das emissões e CO2;



## Representação gráfica em seção e em corte (2D)

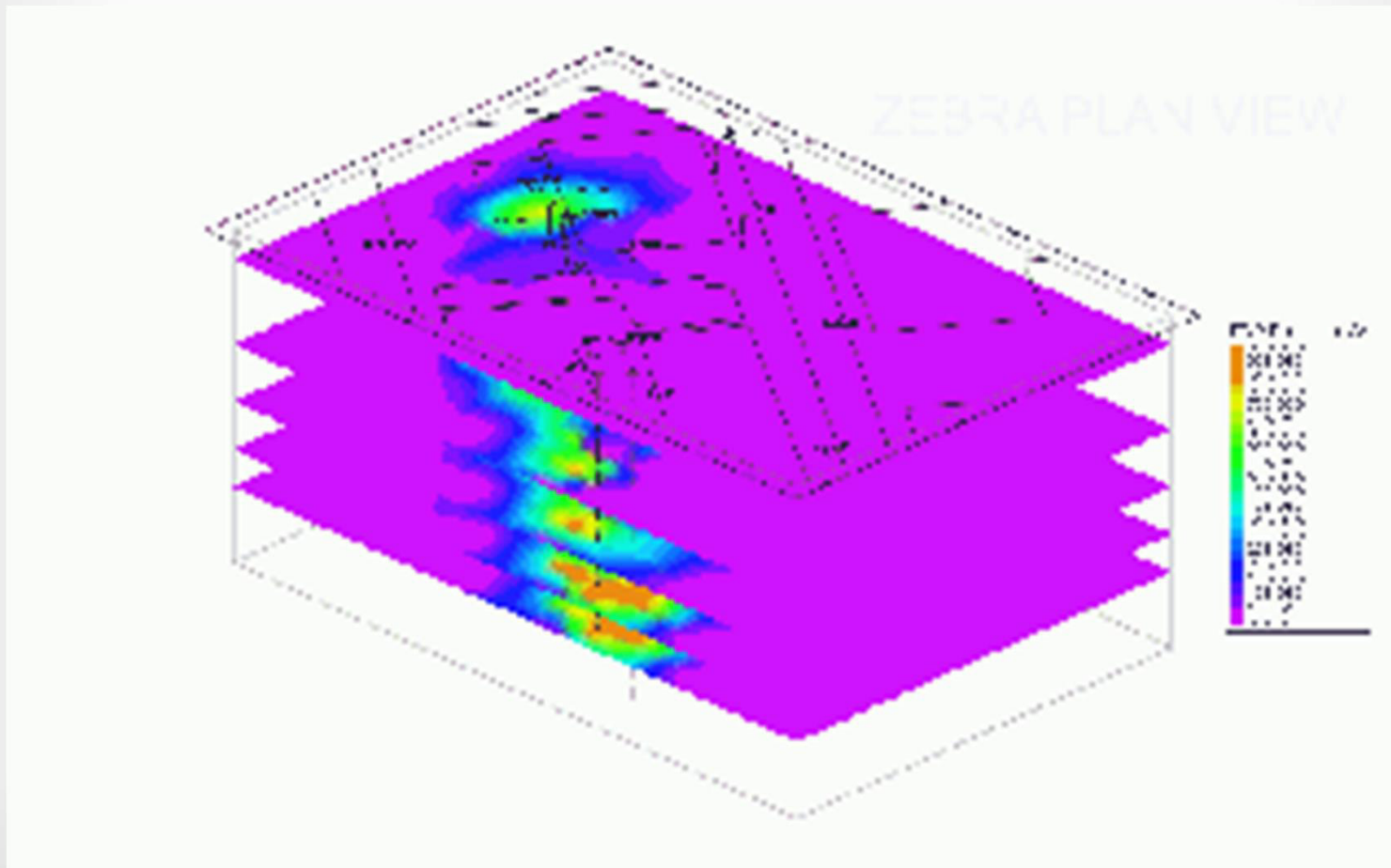


Seção de leituras por ECD



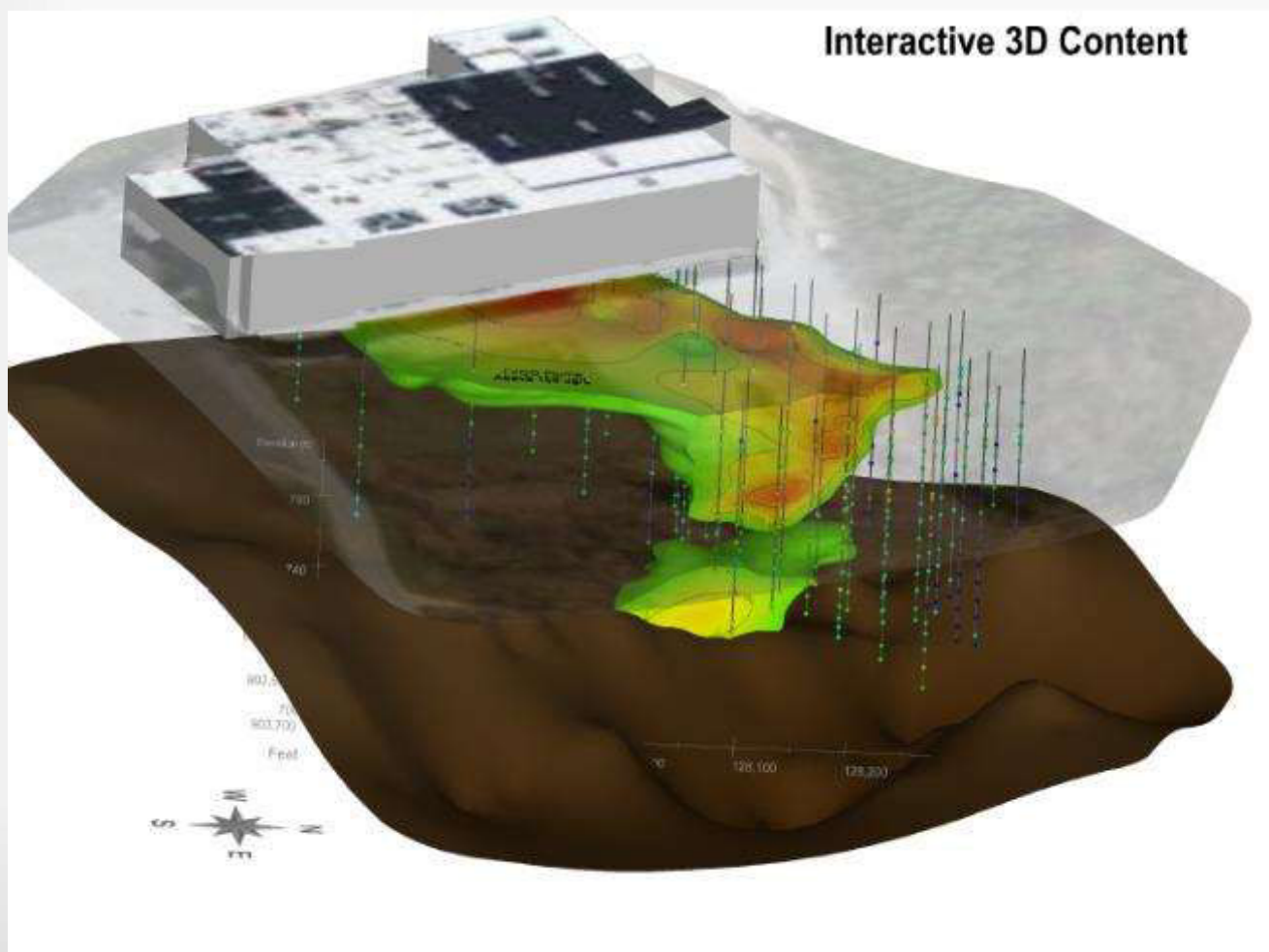


Representação gráfica em seção e em cortes (2D)



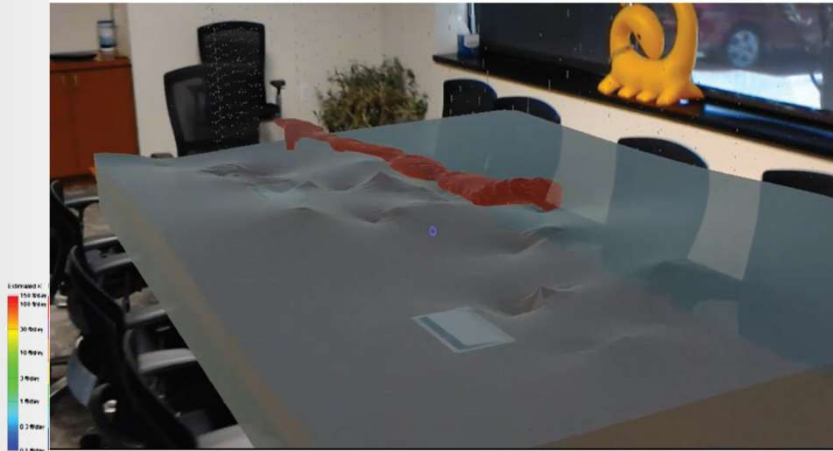
Sobreposição de planos de interpolação com resultados de ECD (ZEBRA, 2014)

## Representação gráfica tridimensional (3D)

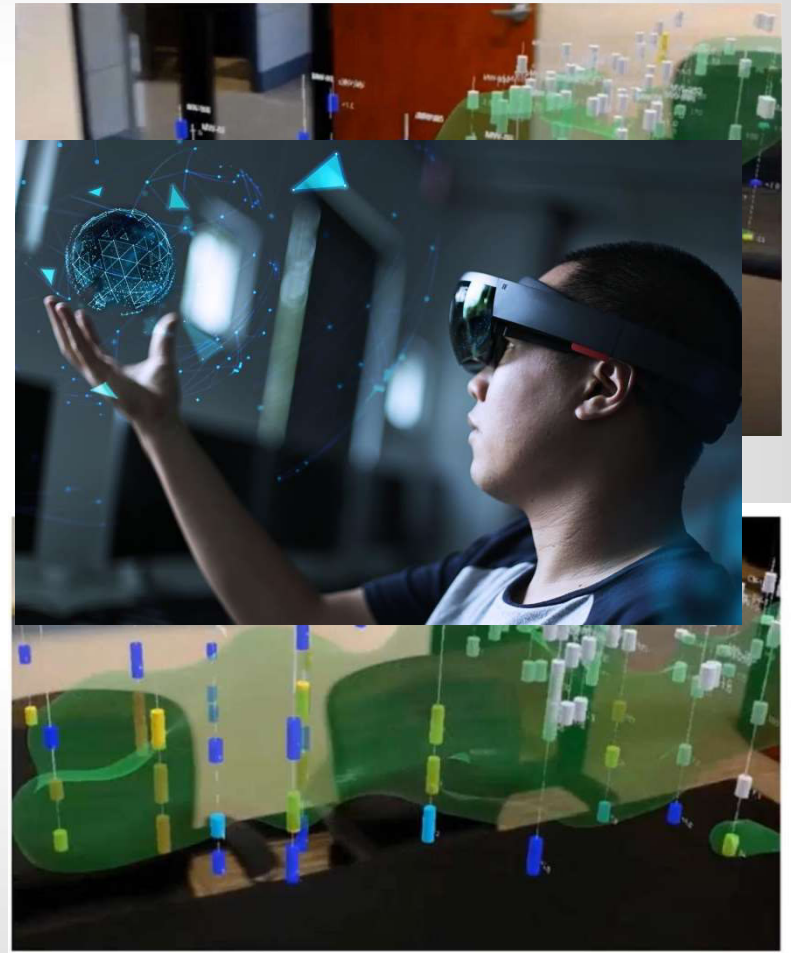
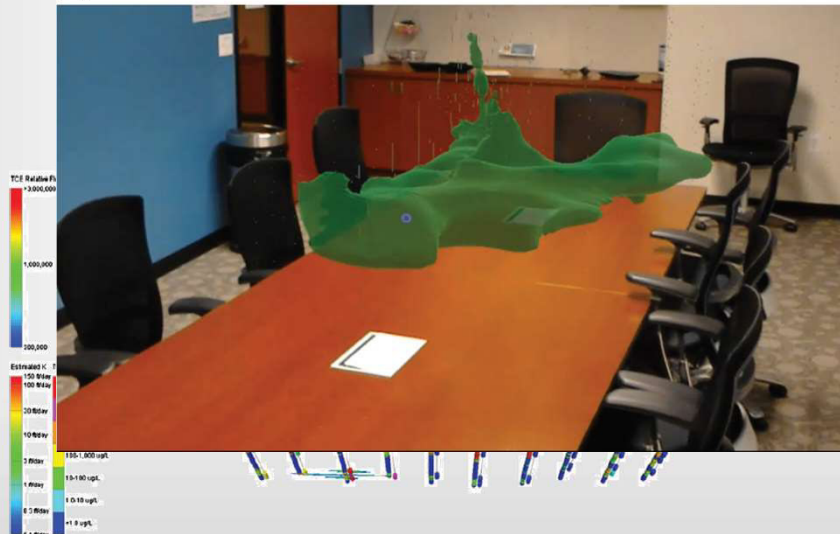


## Representação gráfica com Realidade Aumentada (AR)

(a)



(b)



## Quando usar alta resolução?



Técnicas Alta Resolução



Agradeço a Atenção!

[www.abge.org.br](http://www.abge.org.br)

<https://www.abge.org.br/abge-jovem>