



Claudinei Fonseca Souza

Primeiro Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul – SERHIDRO-PS 2007.
Taubaté, 7 a 9 de novembro de 2007

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Técnica eletromagnética para o monitoramento ambiental

Prof. Dr. Claudinei Fonseca Souza

Primeiro Seminário de Recursos Hídricos da Bacia
Hidrográfica do Paraíba do Sul – SERHIDRO-PS 2007.
Taubaté, 7 a 9 de novembro de 2007





Apresentação

- Introdução geral**
- Técnica da TDR**
- Vantagens e desvantagens**
- Sondas de TDR**
- Problemas encontrados**
- Exemplos de aplicação**



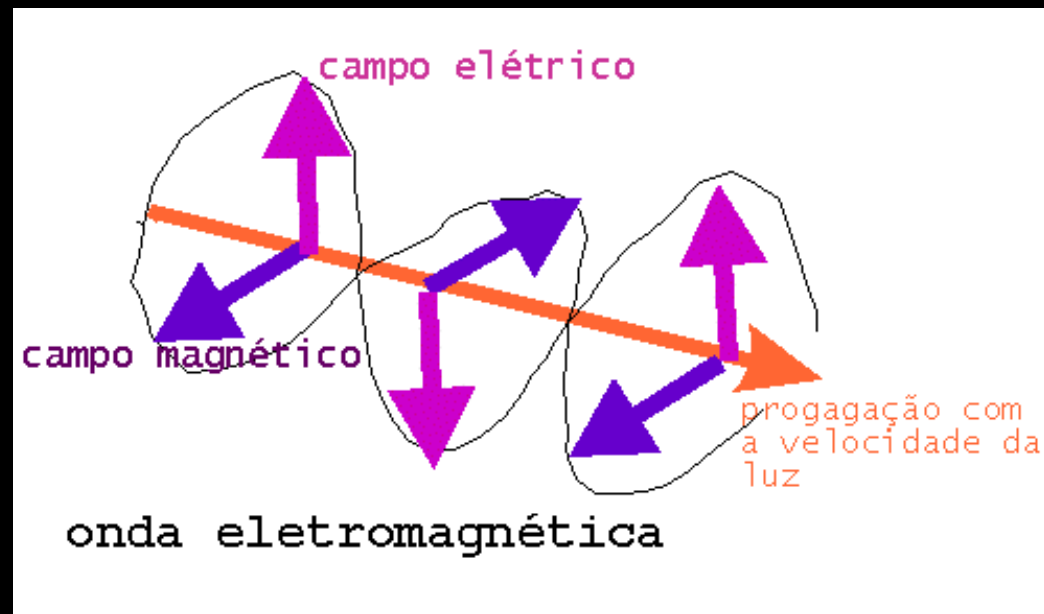
Introdução Geral

- Origem da utilização da TDR na determinação da umidade do solo**
- Fellner-Feldegg (1969)**
- Topp & Colaboradores (1980-85)**
- Técnica da TDR (Exploração comercial)**



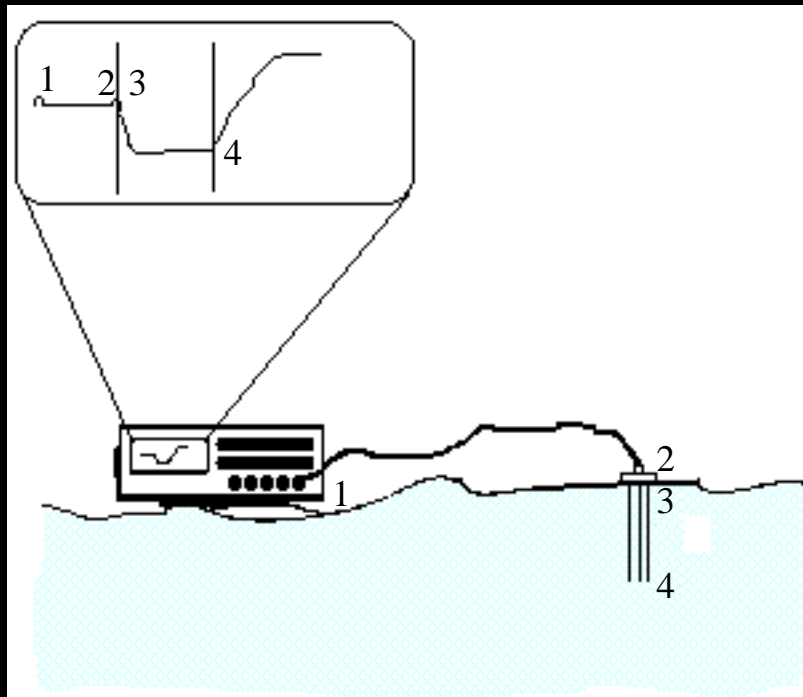
Técnica da TDR

A TDR baseia-se no efeito da umidade do solo sobre a velocidade de propagação de pulsos de microondas em cabos condutores envoltos por solo.





Onda eletromagnética



$$Ka = \left(\frac{\Delta d}{Vp \cdot L} \right)^2$$

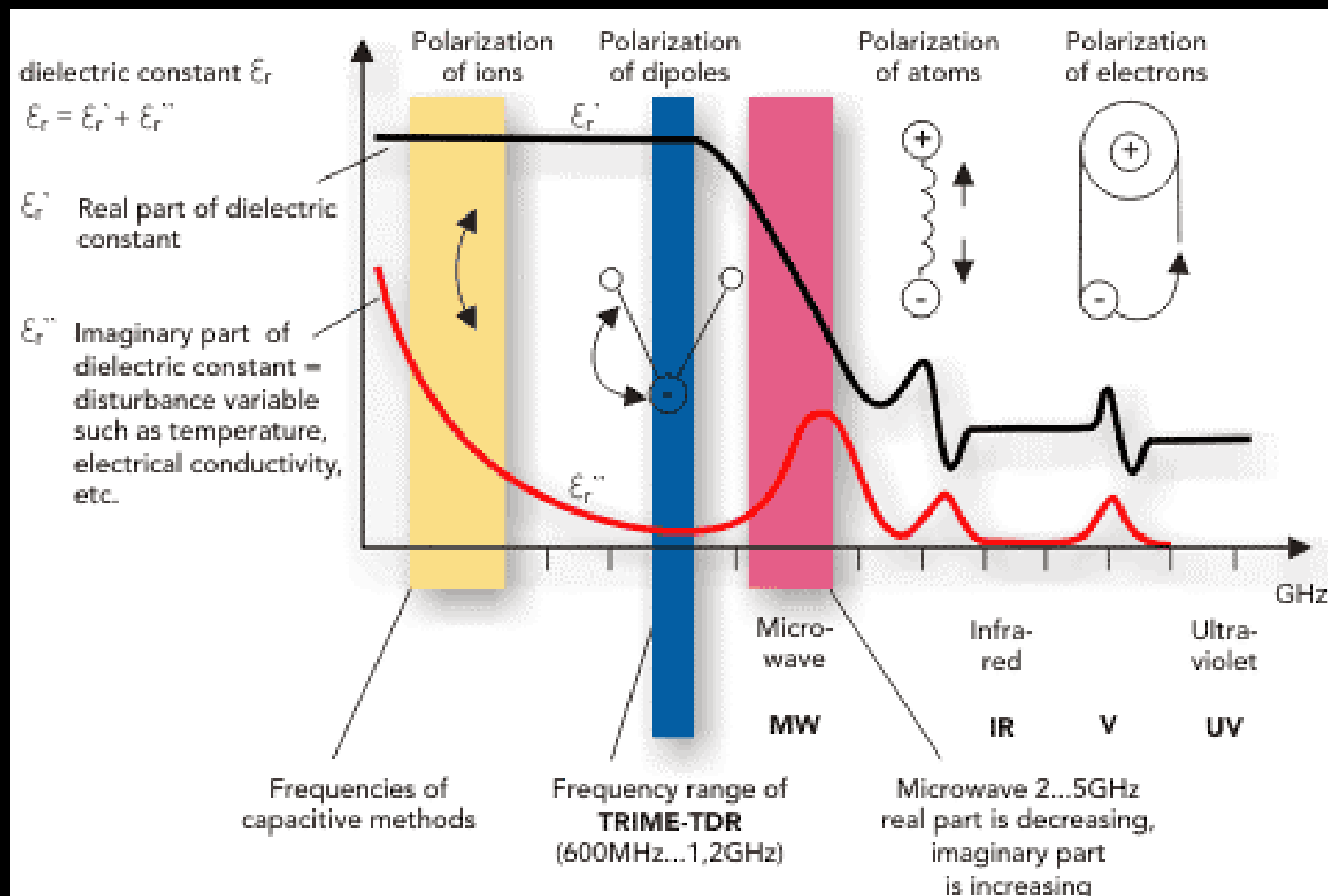
Δd - Deslocamento (m)

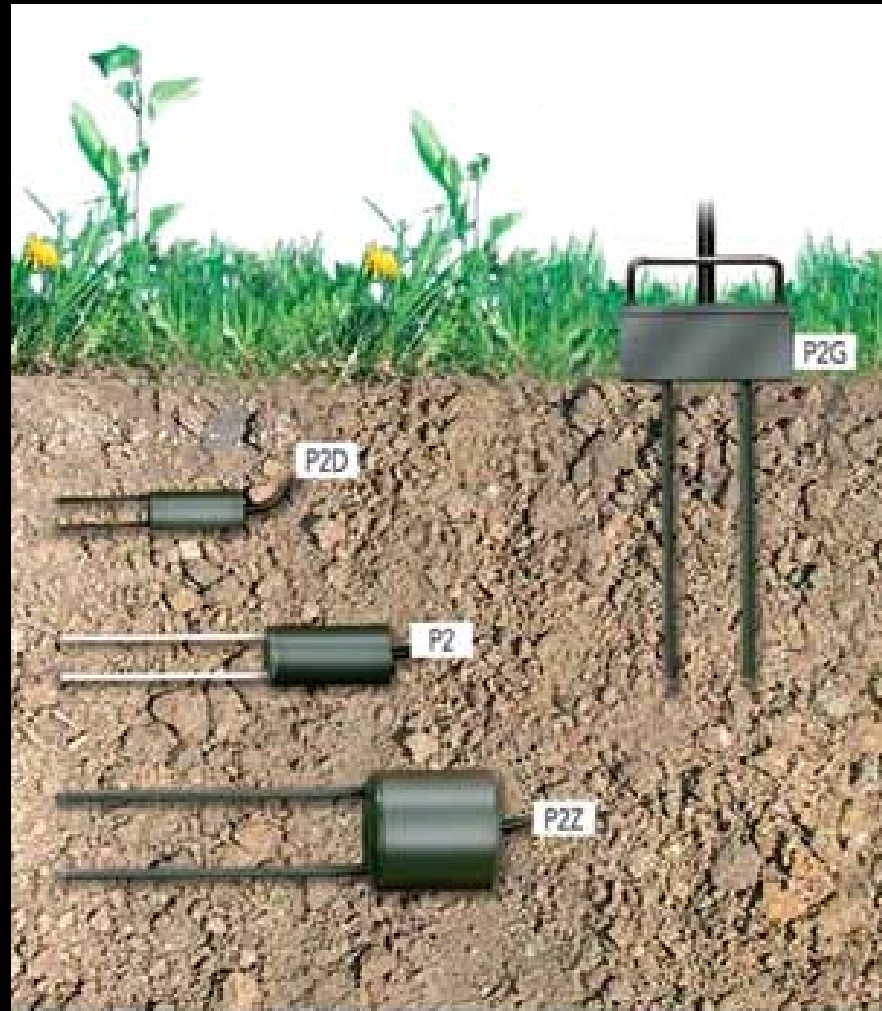
Vp - Velocidade de propagação (0,99)

L - Comprimento da haste (m)



Onda eletromagnética

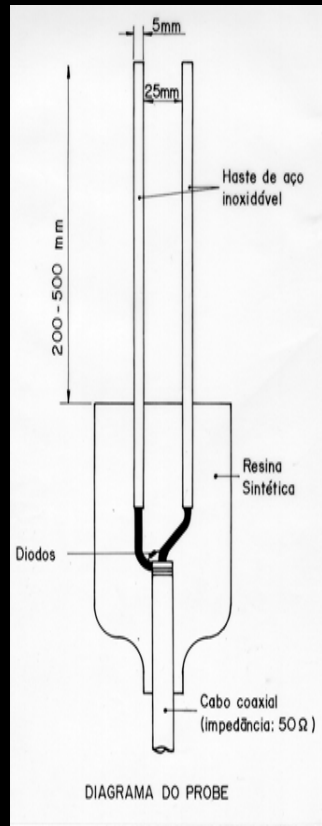




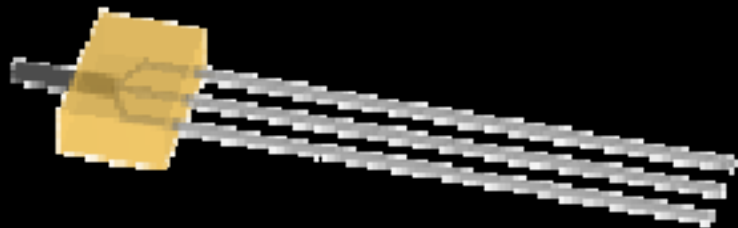


Sondas de TDR

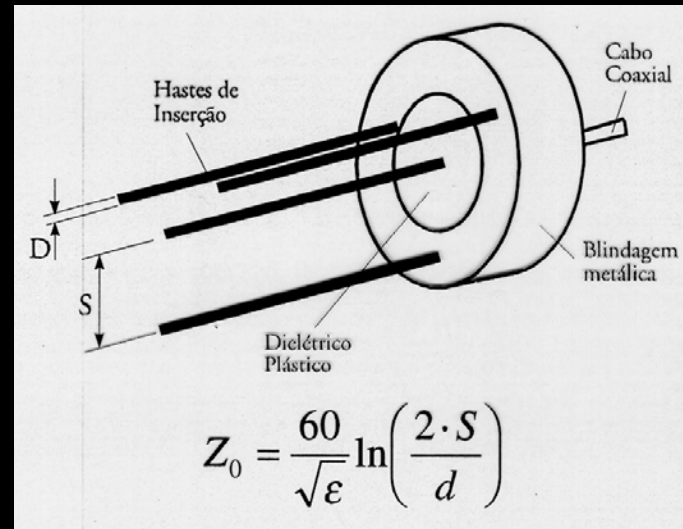
- ❑ Performance mínima e critérios de dimensionamento;
 - ❑ Picos das reflexões X1 e X2 evidentes;
 - ❑ Um mínimo de sinal eletromagnético captado;
 - ❑ Impedância característica inferior a 200 Ω ;
 - ❑ Análise de sensibilidade
 - ❑ Mínimo custo.



Sonda de 2 hastes



Sonda de 3 hastes



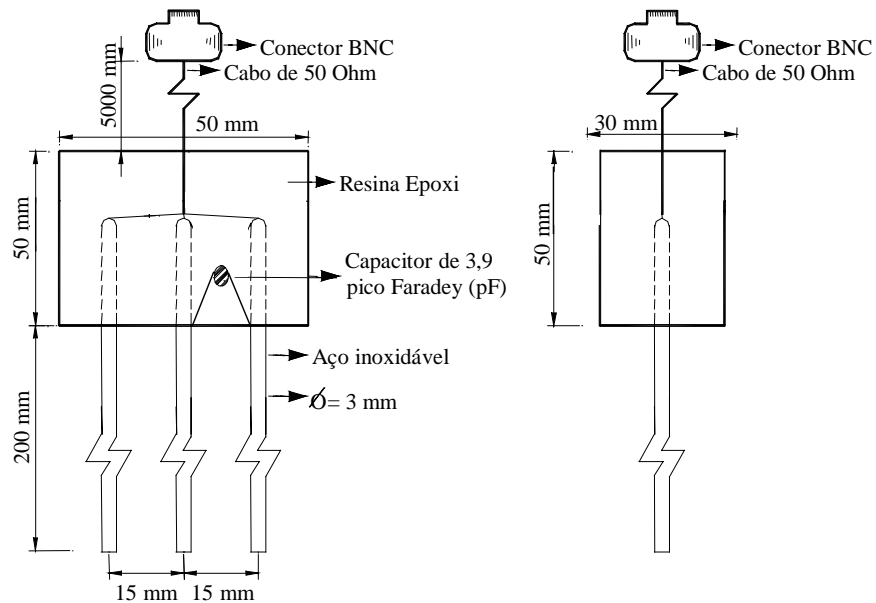
Sonda Multi-haste



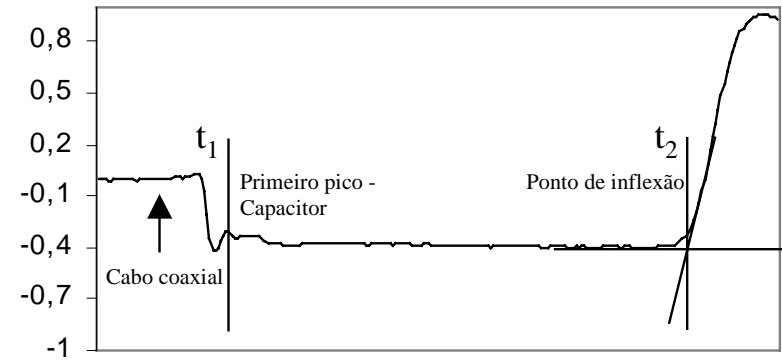
Sonda coaxial



Construção de sondas



Coefficiente de reflexão



Tempo de viagem



Esquema de montagem das sondas



Nylon



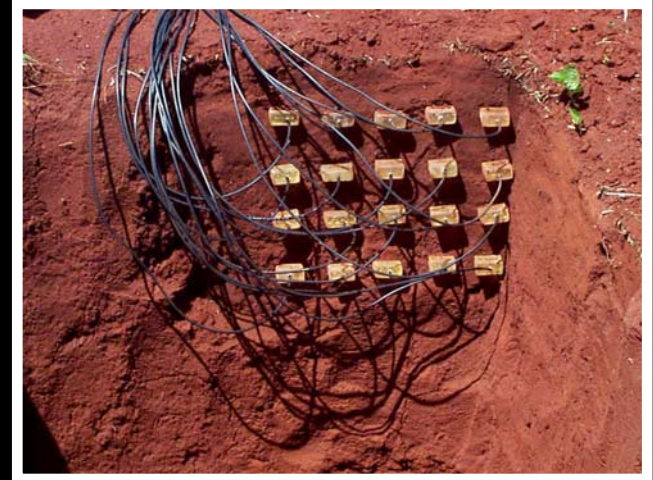
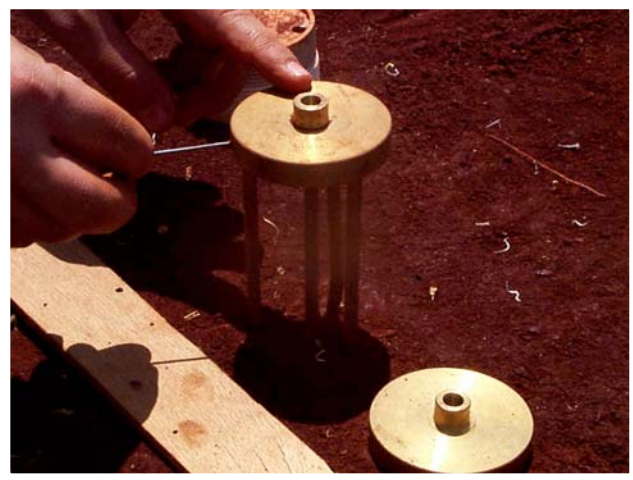
Silicone



Gabaritos para montagem de sondas contínua de 3 hastes



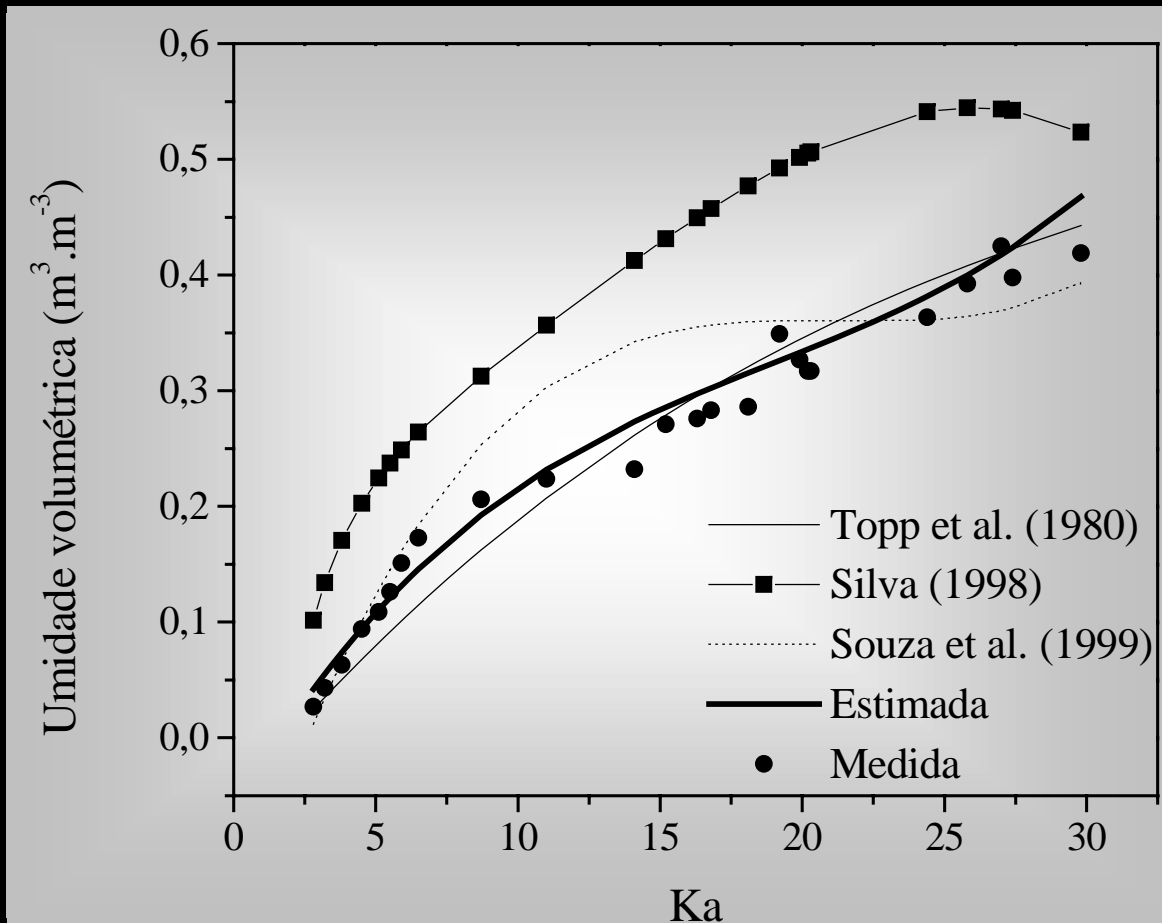
Problemas encontrados





Calibração

$$\theta = -0,0622 + 0,0418Ka - 0,0017Ka^2 + 3 \times 10^{-5} Ka^3$$



Erro médio

$\pm 0,03$

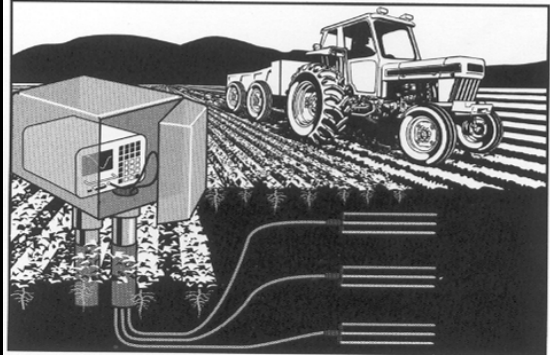
$\pm 0,14$

$\pm 0,05$

$\pm 0,02$



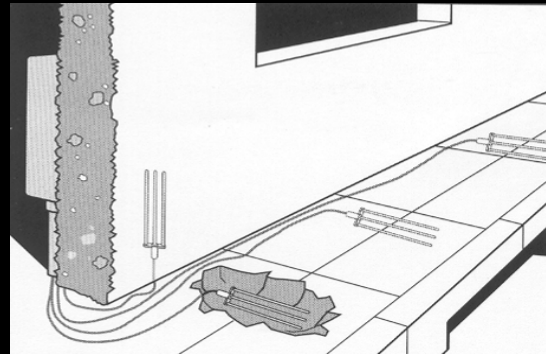
Aplicações



Agricultura



Umidade de grãos



Construção civil



Processos industriais



Controle ambiental

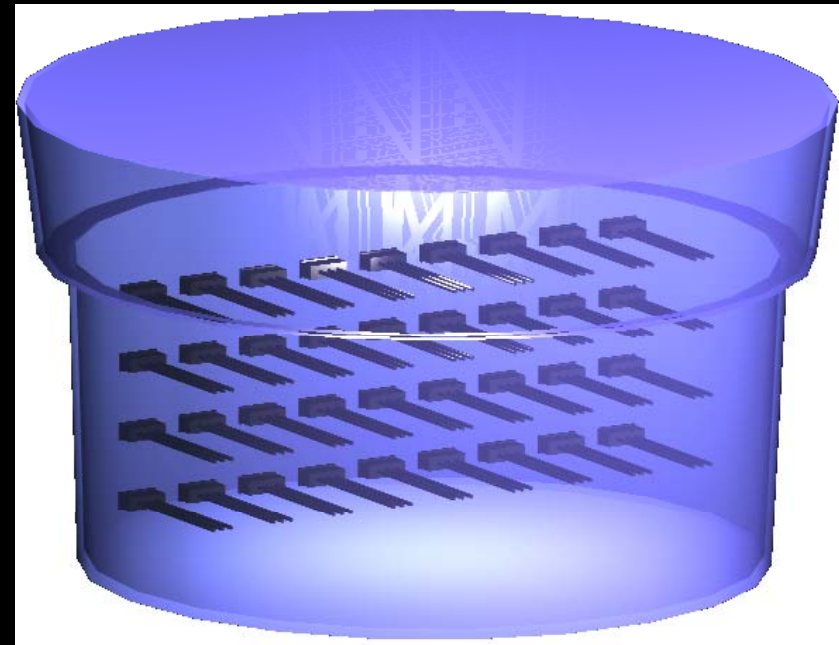


Conclusões

O custo do equipamento é a maior limitação para a difusão da técnica.

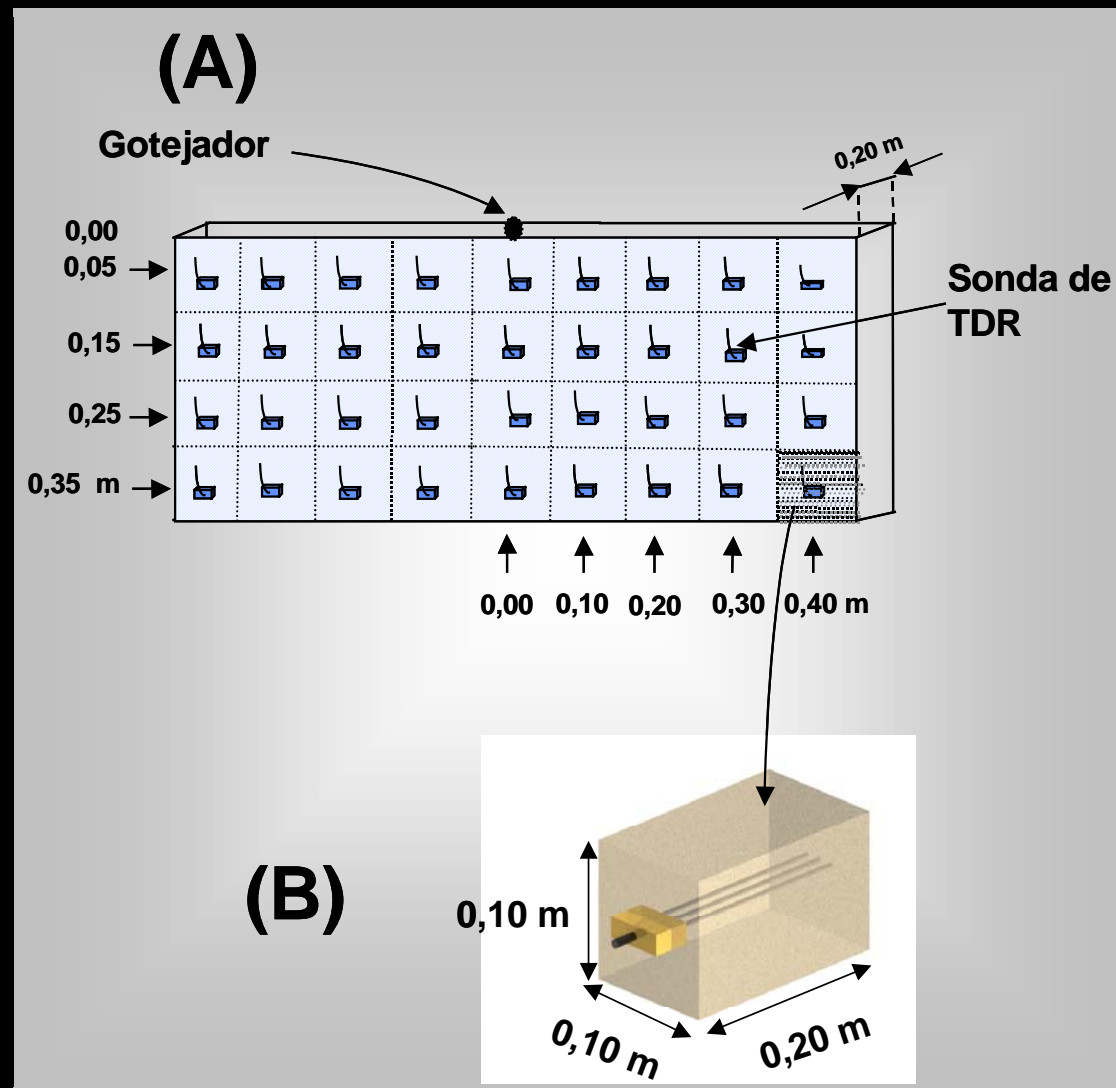


Pesquisa em andamento





Metodologia

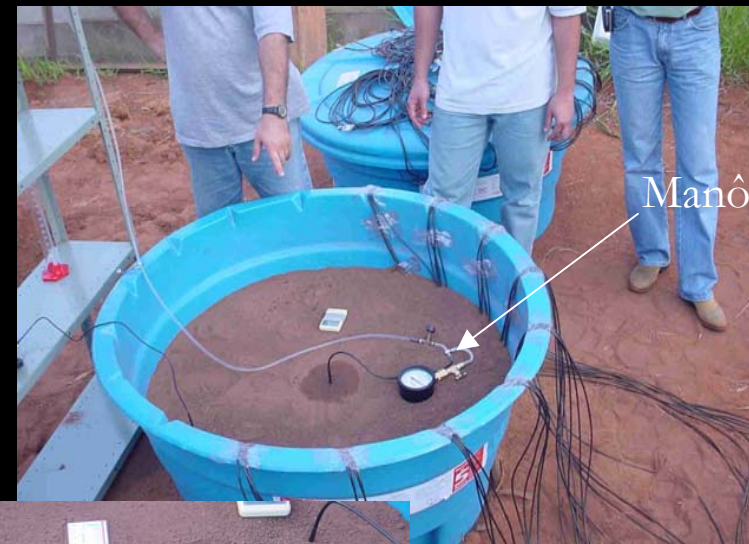


As sondas foram fixadas no sentido horizontal para que a média da frente de molhamento pudesse ser mais pontual.



Foram feitos
ensaios em 3
cx para se ter
a média

TDR



Manômetro



Régua
Disco saturado
e frente de
molhamento
superficial.

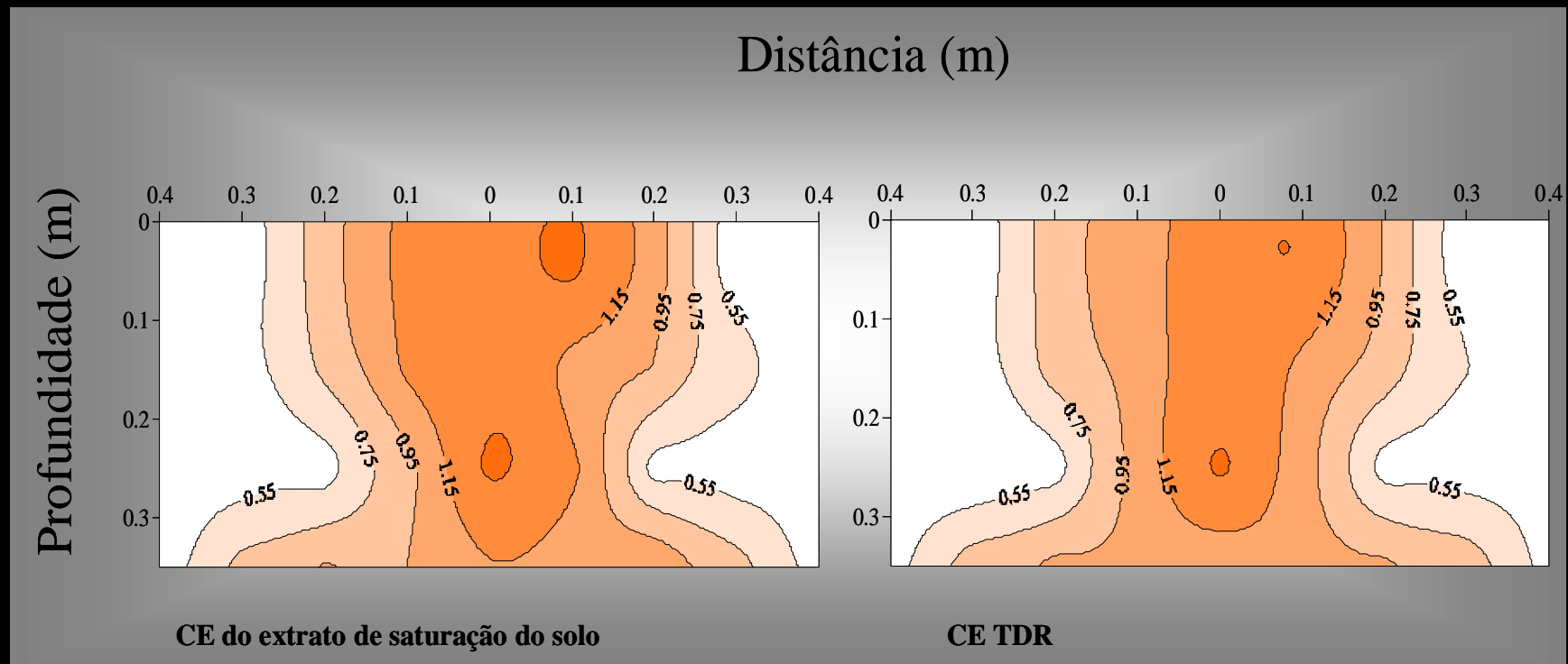
Termômetro

T do ar e do
solo, Umidade
relativa do ar



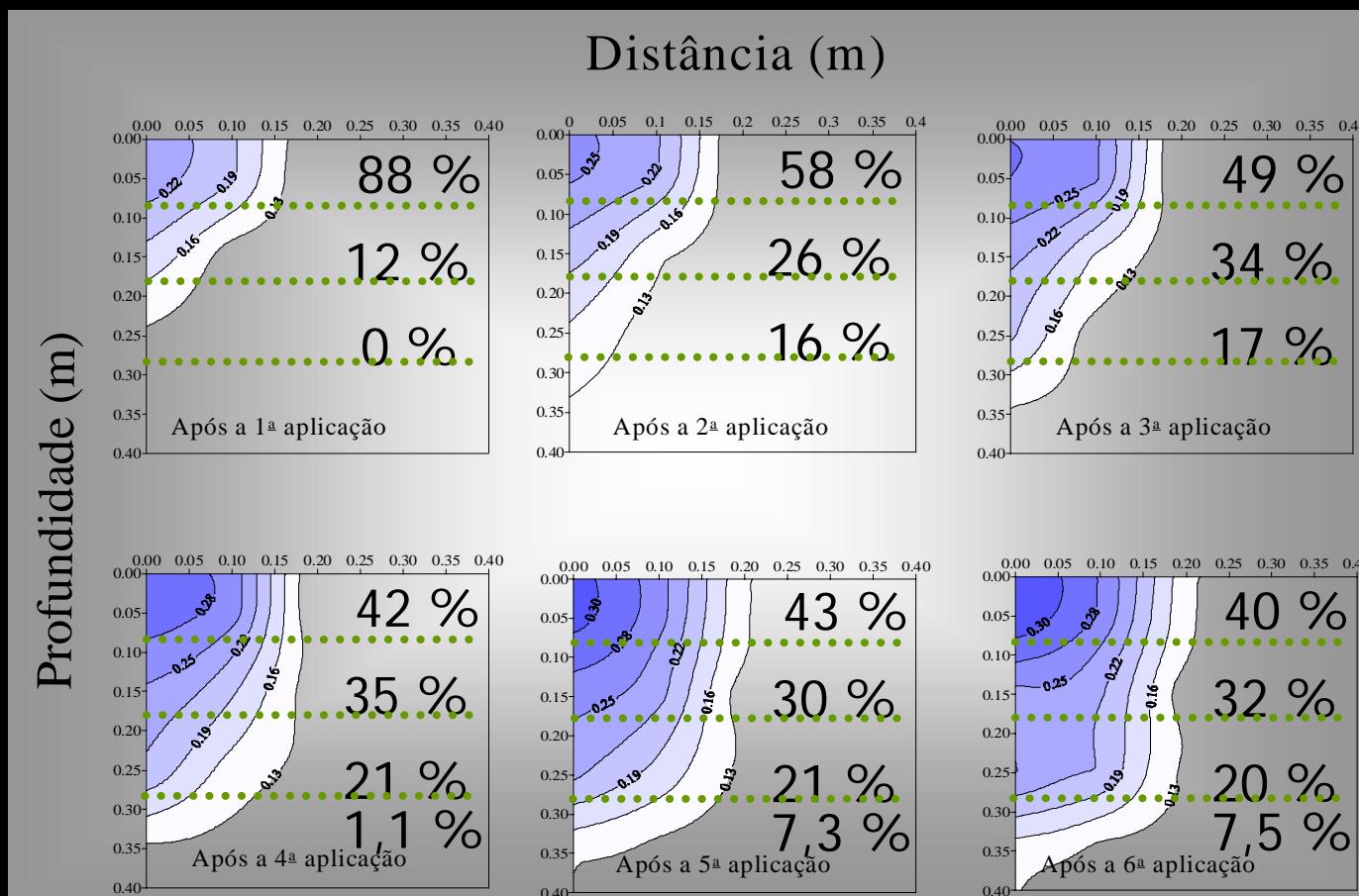
Comparação: Método TDR versus Pasta Saturada

Perfil de Salinidade



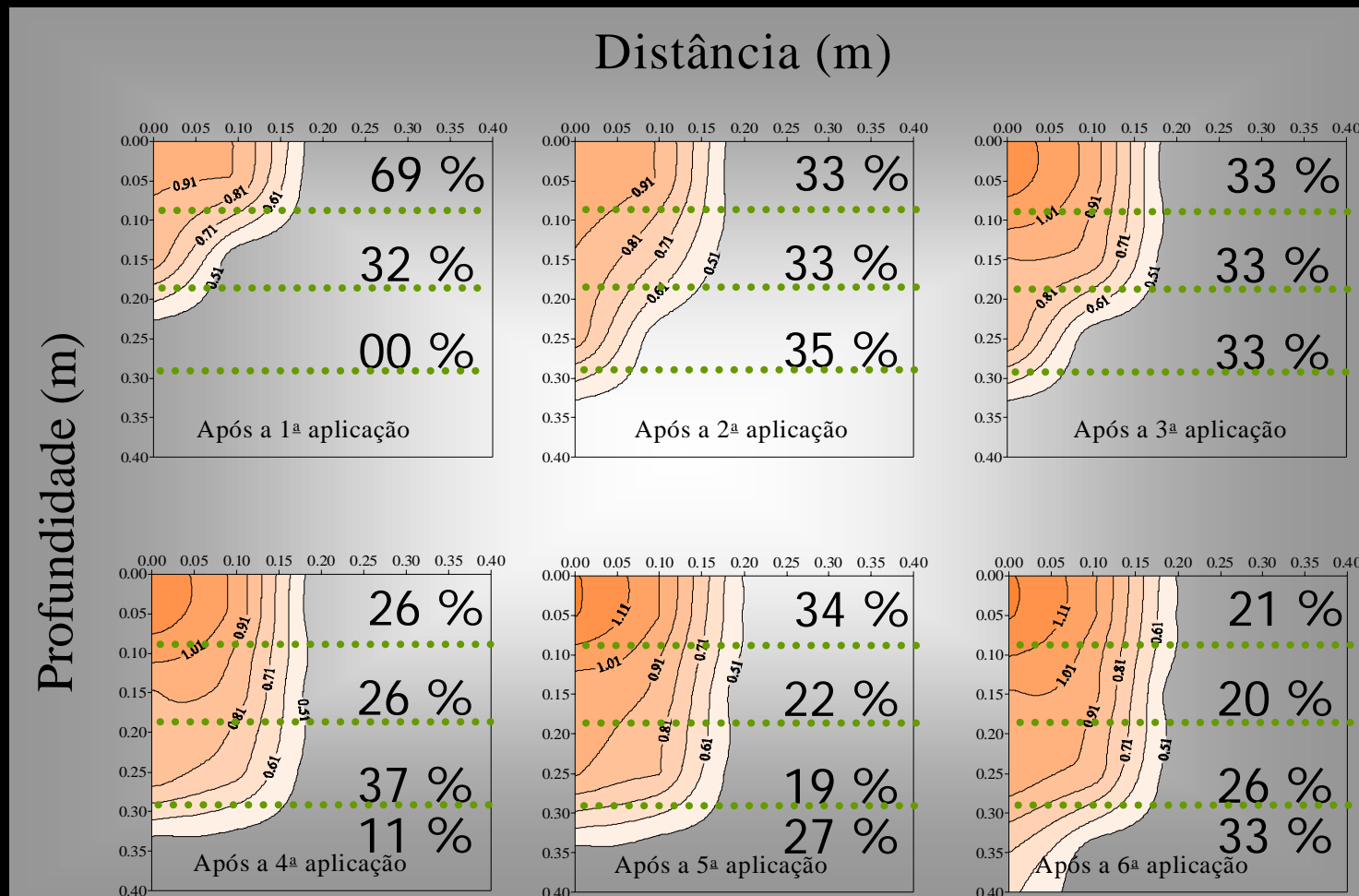


Perfis de umidade do solo (m^3/m^3) – ao final do processo de infiltração de cada aplicação da solução de KNO_3





Perfis de condutividade elétrica do solo (dS/m) ao final do processo de infiltração de cada aplicação da solução de KNO_3





**GRUPO DE ESTUDOS EM
ENGENHARIA AMBIENTAL
ÁGUA E SOLO**

Suporte Financeiro



Suporte Técnico

