

# CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS MOLES DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E SUAS MELHORIAS COM ADIÇÃO DE CAL

**V WORKSHOP – DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO NAS CONCESSÕES**

*Apresentação*

**Lélio A. T. Brito, MSc., CONCEPA**

Equipe Colaboradora

*Daniel Victorino, MSc, CONCEPA*

*Fábio Hirsch, MSc, CONCEPA*

*Jorge A. Pereira Ceratti, Prof. Dr.*

*Leonardo Andres Schmitt, mestrando PPGEC/UFRGS*

*Luiz Antônio Bressani, Prof. PhD*

*Thiago Vitorello, CONCEPA*

*Washington Peres Núñez, Prof. Dr. em Eng<sup>a</sup>*



**Triunfo**

CONCEPA



# Apresentação



# Apresentação

## BR-116/RS

**Pista Simples – uma faixa por sentido –  
Eldorado do Sul, Guaíba**

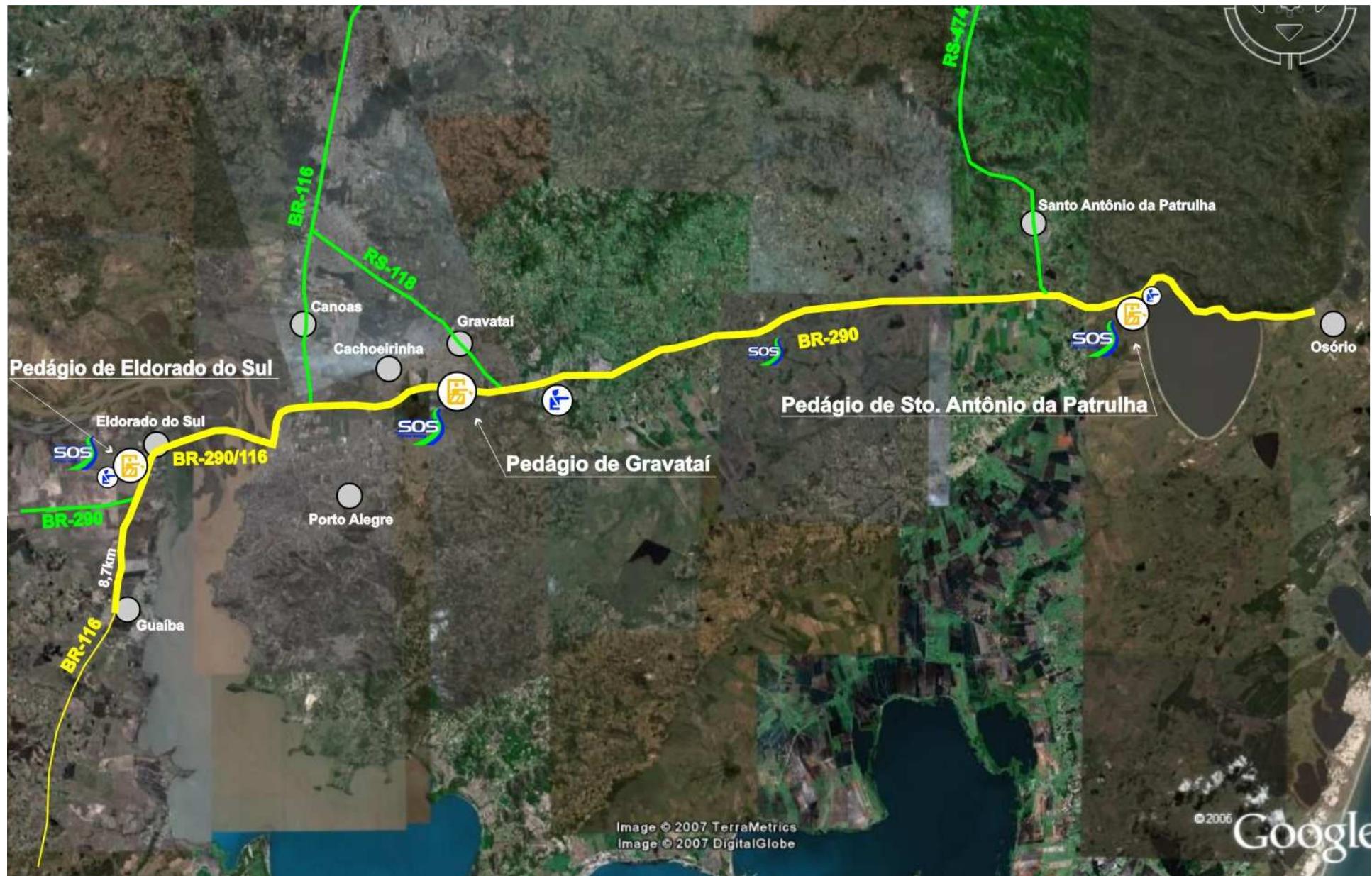
## BR-290/BR-116/RS

**Ponte sobre o Rio Guaíba – Pista Dupla com 3 Faixas – Porto Alegre, Eldorado do Sul**

## BR-290/RS

**Freeway – km 0 ao 96,6 – Pista Dupla com 3 Faixas – Osório, Santo Antônio da Patrilha, Glorinha, Gravataí, Cachoeirinha e Porto Alegre**







# **CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS MOLES DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE E SUAS MELHORIAS COM ADIÇÃO DE CAL**

- Pesquisa desenvolvida em 12 meses
- Executada pela S&T Engenharia
- Coordenação dos Profs. Jorge Ceratti e Washington Núñez
- Participação do Prof. Luiz Bressani e Eng. Leonardo Schimitt
- Apoio da Equipe de Engenharia da CONCEPA



 **Triunfo** | CONCEPA



# DUPLICAÇÃO DA BR-116/RS (km 292 – km301)



# Introdução

O estudo do subsolo permite definir a estratigrafia do terreno e uma estimar propriedades dos materiais.

A pesquisa foi desenvolvida visando:

- identificar tipos de materiais que ocorrem no traçado da BR-116/RS, próximo a Porto Alegre,
- determinar parâmetros de comportamento dos solos na condição natural e após modificação com cal.

# Justificativa

Devido à presença de solos de baixa consistência na Região Metropolitana de Porto Alegre, ao longo da BR-116, é preciso caracterizá-los geotecnicamente.

O pacote sedimentar pode causar grandes recalques, comprometendo gravemente a estrutura do pavimento.

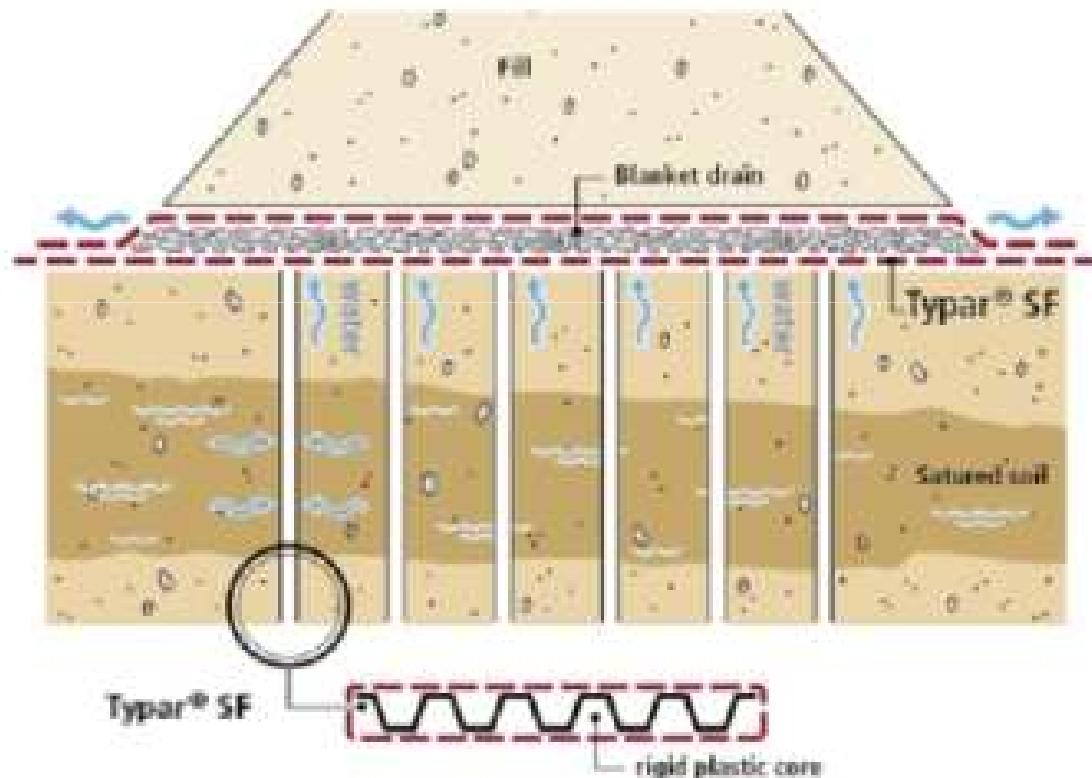
# Formas de controlar os recalques em solos

## Aterros estaqueados



# Formas de controlar os recalques em solos

## Drenos verticais



# Formas de controlar os recalques em solos

## Drenos verticais



# Formas de controlar os recalques em solos

## Drenos verticais



# Formas de controlar os recalques em solos

Melhoria do solo através da  
injeção de estabilizante (cal, cimento)



# Formas de controlar os recalques em solos

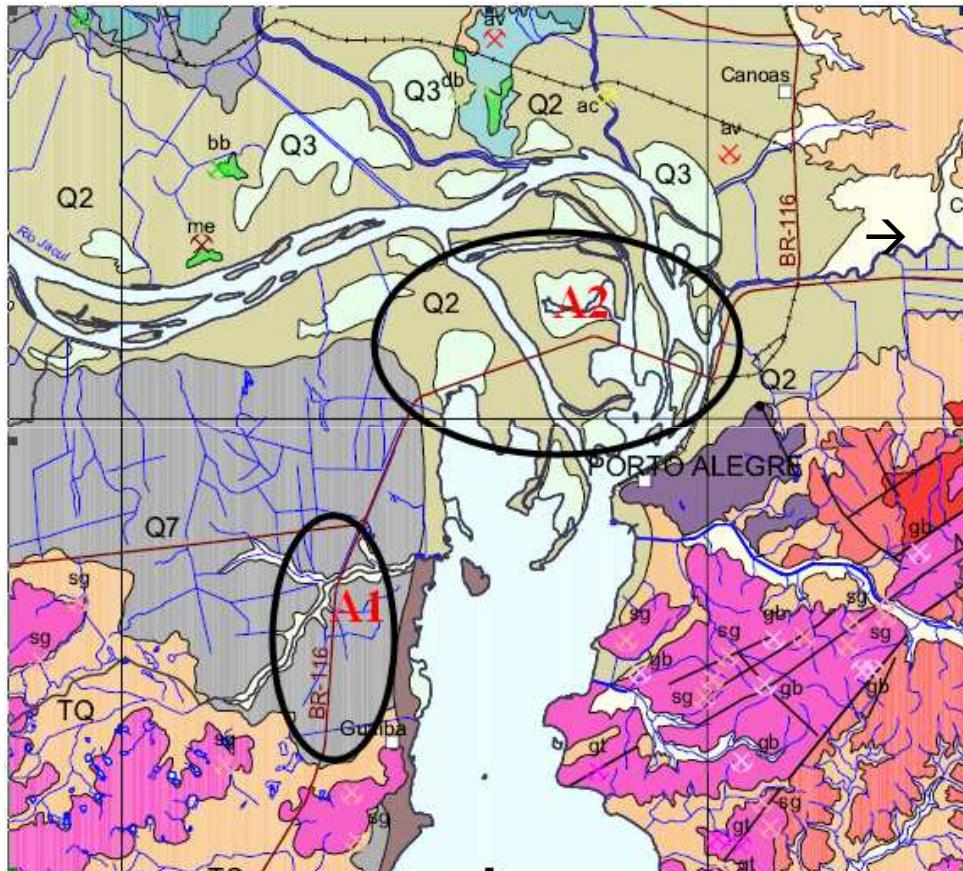
**Melhoria do solo através da  
injeção de estabilizante (cal, cimento)**



# Objetivos

- estabelecer perfis longitudinais dos pacotes sedimentares de areias e argilas nas áreas estudadas;
- obter amostras indeformadas para determinar o comportamento do solo em laboratório;
- buscar alternativas, como a modificação com cal, para a melhoria ou controle do comportamento.

# Áreas de estudo



- “→ “A1”- BR-116, seqüência mista de areias finas e médias, depósitos siltico-argilosos com intercalações de argilas plásticas;
- “A2” - Ilhas do delta do Jacuí, depósitos de areias e argilas sobre os depósitos de planicie lagunar.

Classificação dos solos (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, 2006).



# Metodologia

- a) Estudar padrão de deposição das áreas, a partir da análise de fotos aéreas e imagens de satélite;
- b) obter amostras deformadas representativas do subsolo da região e realizar os ensaios de caracterização;
- c) estabelecer perfis longitudinais dos pacotes sedimentares de areias e argilas;



# Metodologia2

- a) obter amostras indefornadas e realizar ensaios de laboratório para determinar parâmetros para análise de comportamento das futuras obras de engenharia;**
- b) avaliar efeitos da adição de cal na redução da plasticidade e da compressibilidade dos solos moles.**

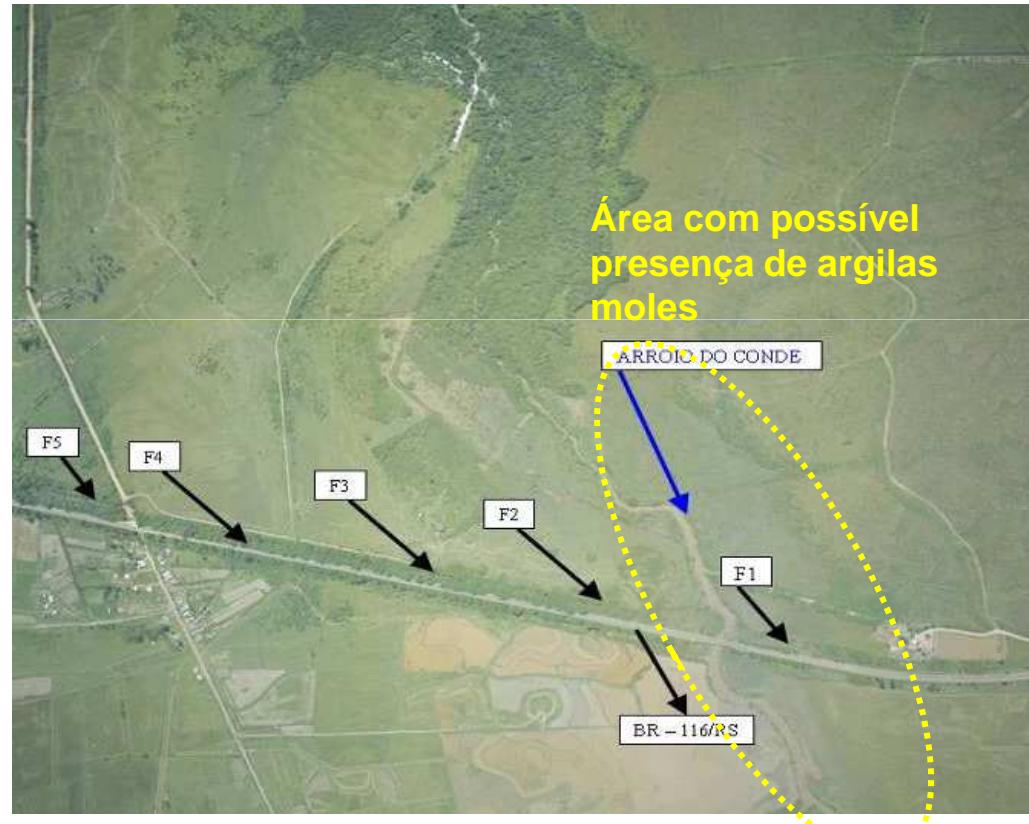
# Estudo de fotos aéreas



# Estudo de fotos aéreas



# Locação dos furos de sondagens

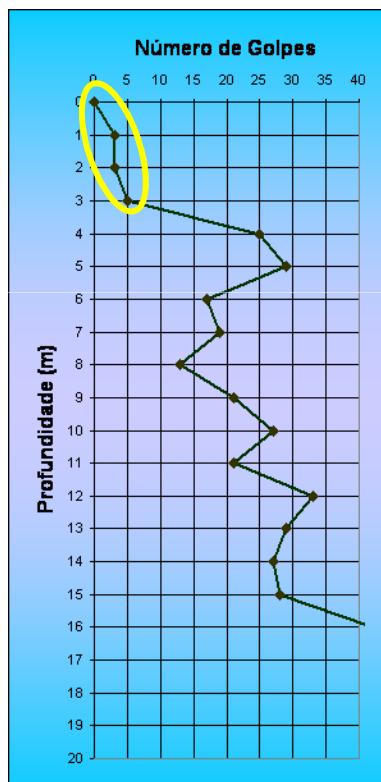


# Sondagens SPT

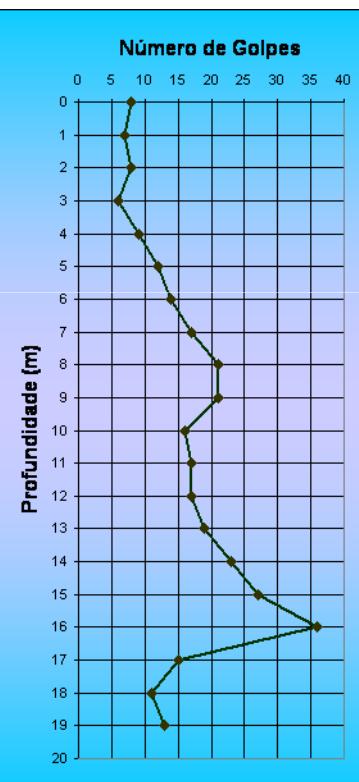


# Furos

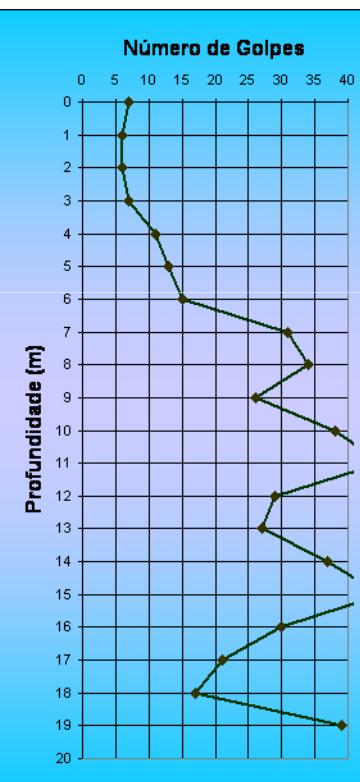
FURO 1



FURO 2

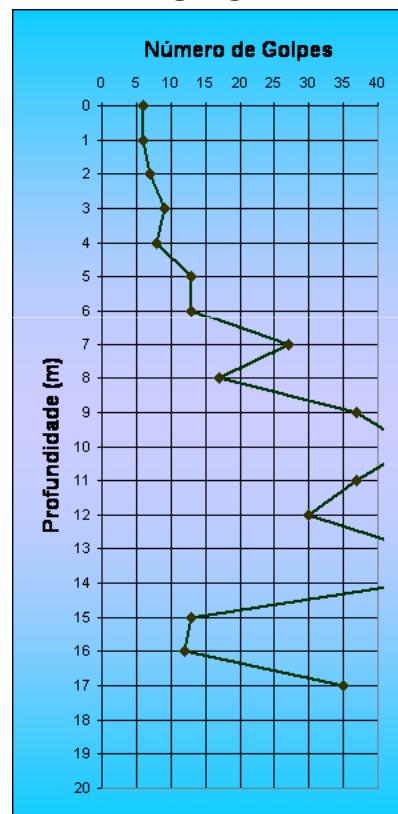


FURO 3

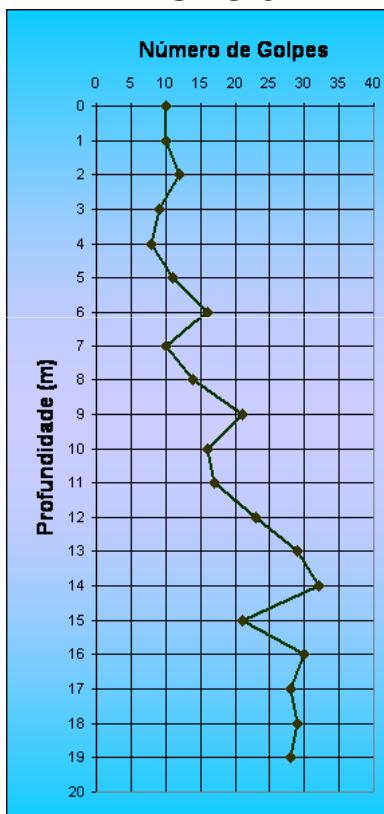


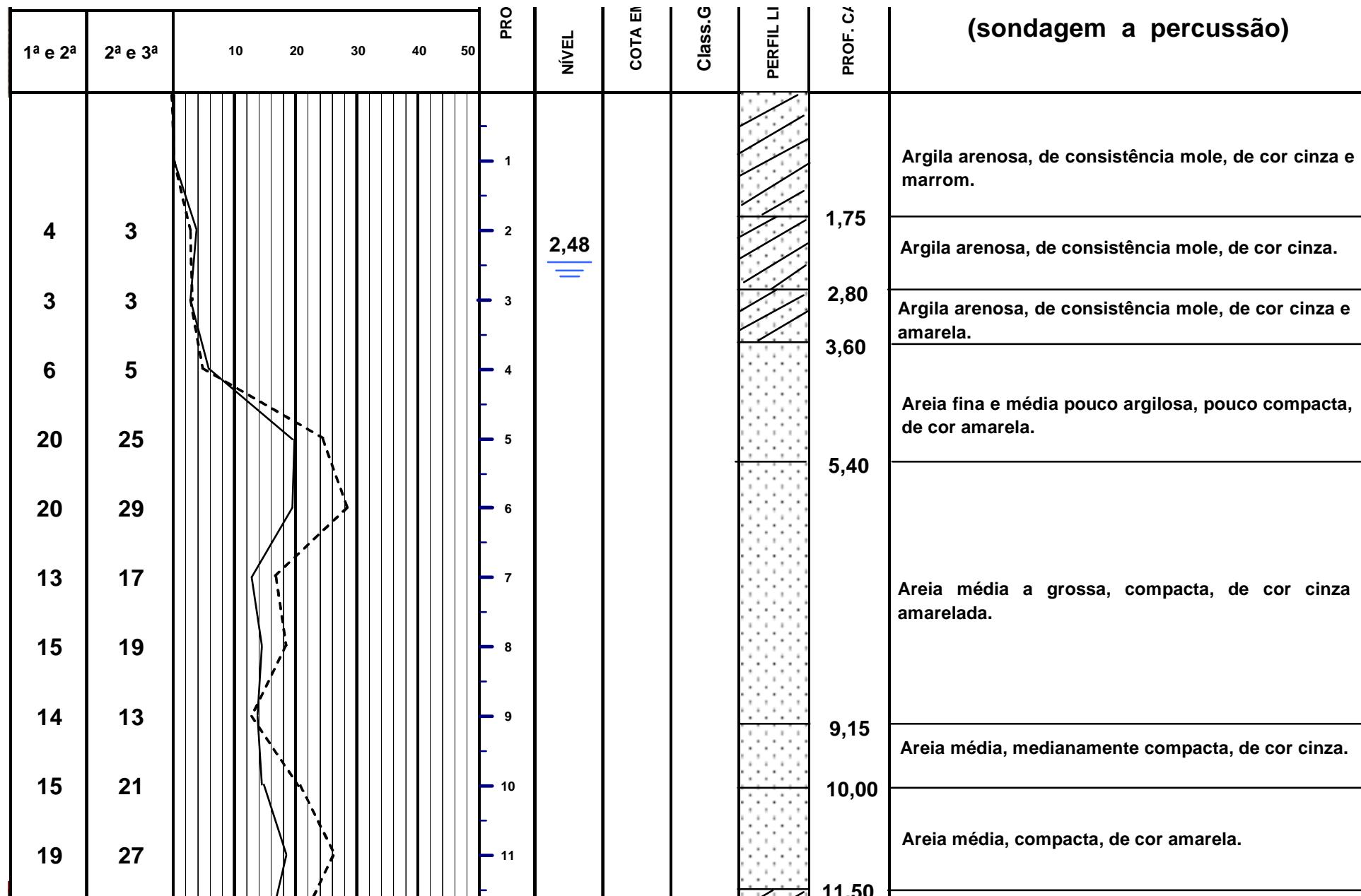
# Furos

FURO 4



FURO 5





**Triunfo** | CONCEPA



# Amostras coletadas nas sondagens – furo 1



# Argila encontrada no Furo 1

Profundidade de 1,00 a 1,45 m



# Resultados das sondagens

O material menos resistente, argila pouco arenosa com  $N_{SPT}$  de 3 a 5, foi encontrado no furo 1 até a profundidade de 3,60 metros.

Este foi o fator determinante na escolha deste local para obtenção de amostras indeformadas.



## Coleta de Amostras indeformadas

**Características do amostrador baseado em modelo internacional e desenvolvido por BERTUOL (2009).**

- Utilização de pré-furo na amostragem;
- Tubo amostrador de parede fina “espessura < 2,5% do diâmetro”, com diâmetro de 75 mm e comprimento de 1,06 metros;
- Tubo amostrador de latão;
- Pistão estacionário;

# Coleta de Amostras indeformadas

**Características do amostrador baseado em modelo internacional e desenvolvido por BERTUOL (2009).**

- **Parte inferior biselada com ângulo de 6º;**
- **Amostrador sem folga interna “diâmetro interno da parte biselada igual diâmetro interno do tubo”;**
- **Índice de área de 8,8% “relação entre o diâmetro interno da parte biselada e o máximo diâmetro externo do tubo”.**

# Coleta de Amostras indeformadas

Amostrador baseado  
em modelo internacional e  
desenvolvimento realizado por BERTUOL (2009).



Tubos de latão para retirada das amostras indeformadas  
(Bertuol, 2009).

# Coleta de Amostras indeformadas



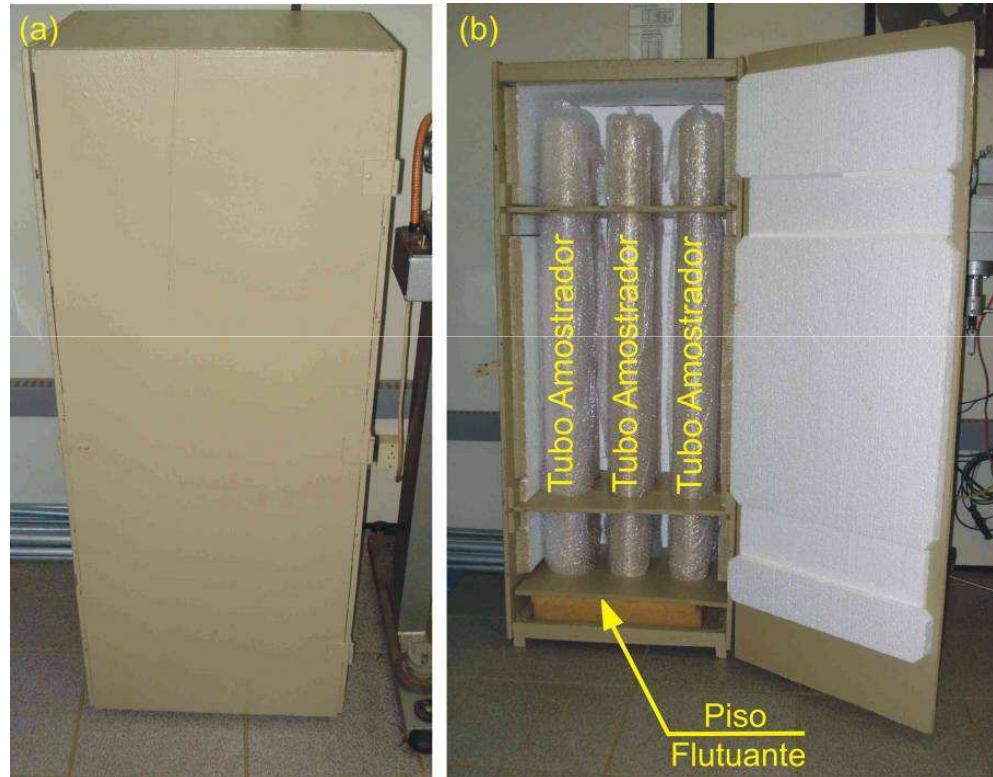
Conjunto construído para retirada de amostras  
indeformadas de boa qualidade (Bertuol, 2009).

# Obtenção de Amostras indeformadas

## Passos da amostragem



# Obtenção de Amostras indeformadas



Transporte das amostras em caixa especial (Bertuol, 2009).

# Efeito da adição de cal na plasticidade do solo

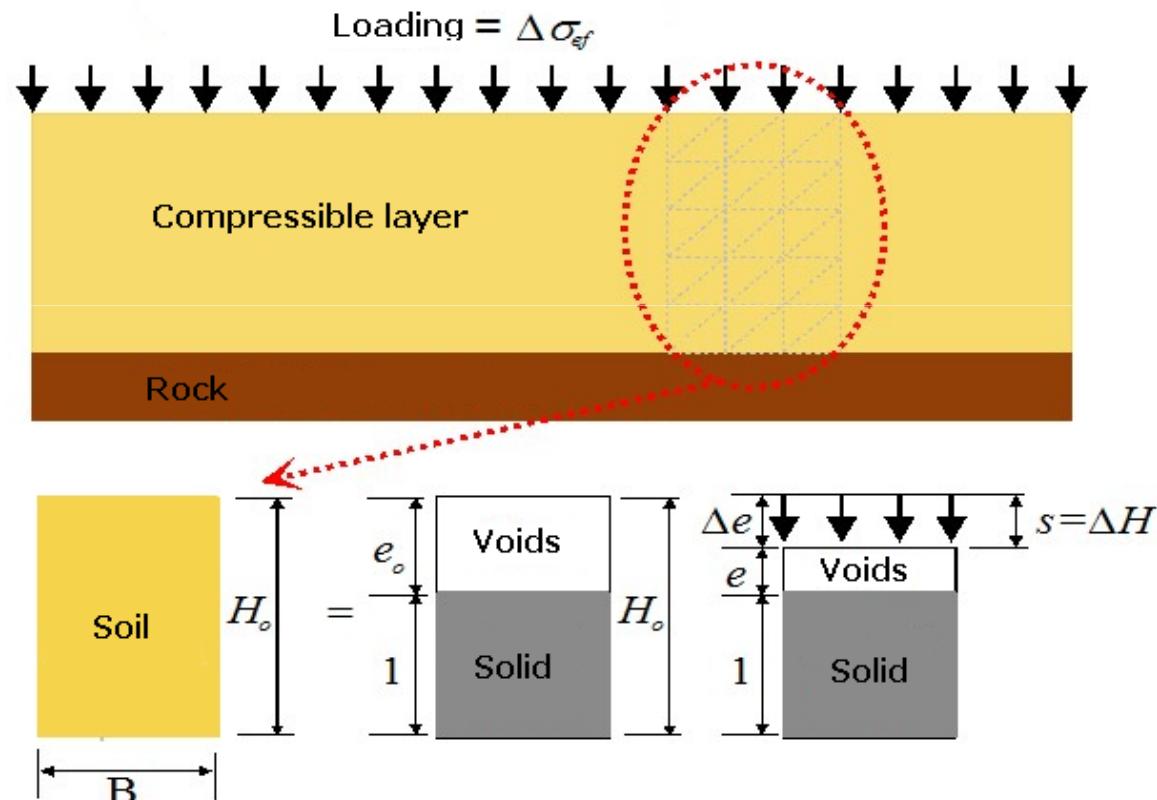
## *Determinação dos Índices Físicos*

TIPO DE SOLO	LL	LP	IP
SEIXAL	63	22	31
1	6	23	47
3	63	35	27
5	49	31	16
7	43	9	13

A adição da cal reduz LL, aumenta LP, causando  
redução significativa do IP

# Fundamentação do ensaio de adensamento

## Próxima Etapa – Ensaio de Adensamento



# Ensaio de adensamento



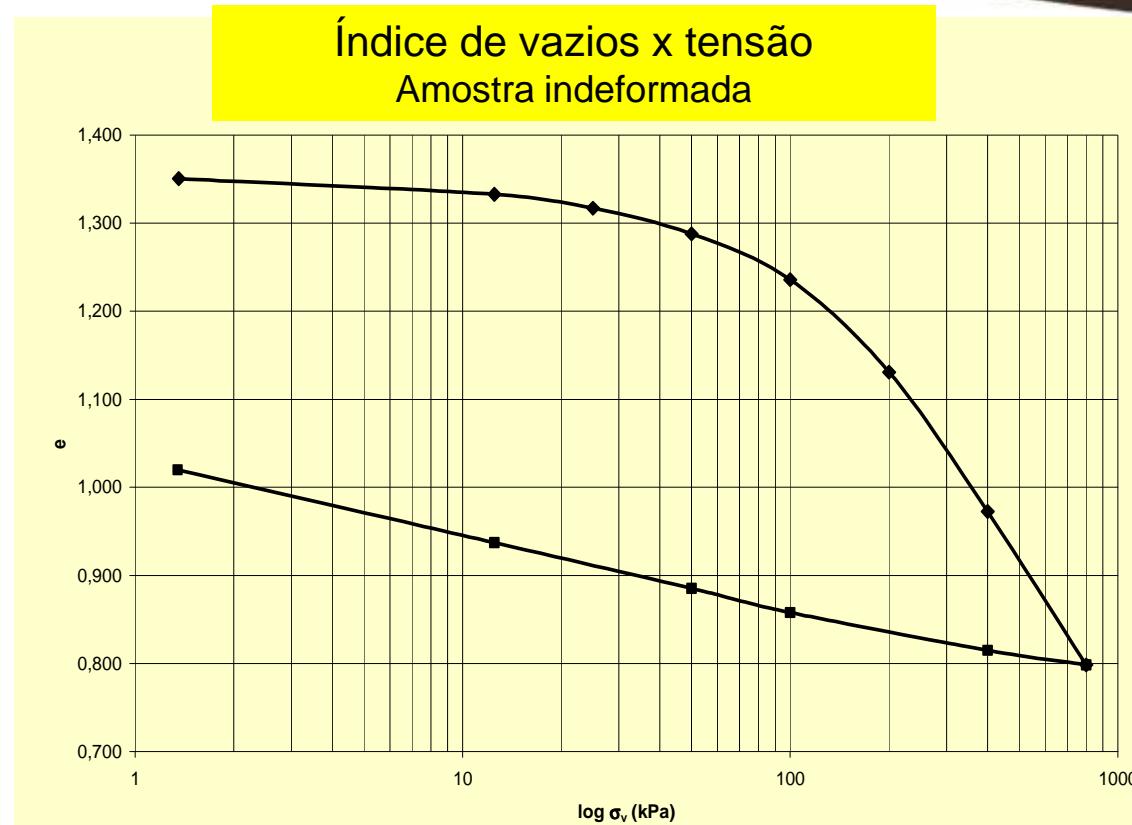
# Ensaio de adensamento

Amostra após o ensaio



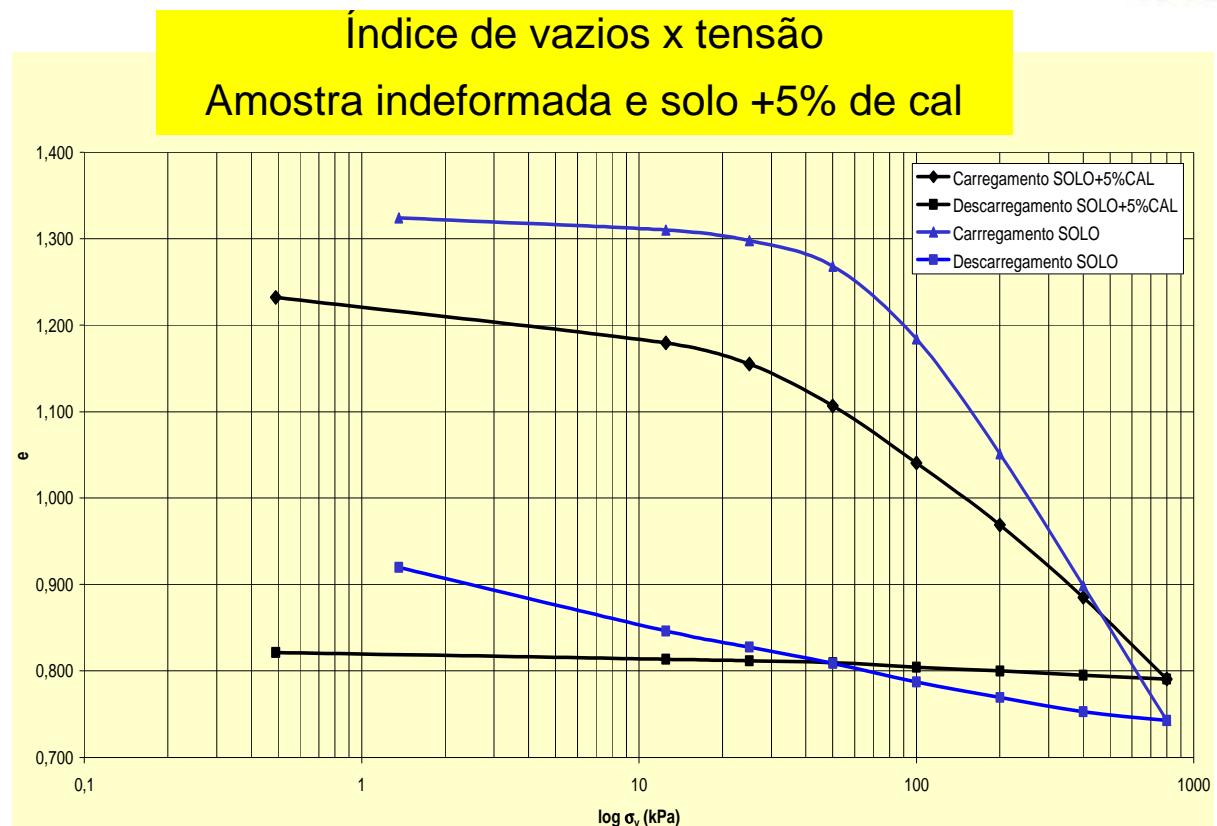
# Ensaio de adensamento

## Curva de adesamento da amostra indeformada



# Ensaio de adensamento

## Comparação entre as curvas de adensamento



# Resultados

- Através de fotos aéreas e imagens de satélite identificou-se um **possível ponto crítico, em torno do arroio do Conde**, o que foi confirmado com a execução dos ensaios do tipo SPT;
- Após verificação dos resultados das sondagens e a construção do amostrador, **extrairam-se amostras indefornadas** para realização de ensaios de laboratório;
- Na retirada deste material **esperava-se o encontro de um material de menor resistência** em camadas mais espessas, que não foi encontrado.

# Resultados

- Salienta-se a grande melhoria na trabalhabilidade do solo com pequenas porcentagens de cal. Para a mistura de solo e 5% de cal, 1 hora de cura, o IP foi reduzido em 66%, tornando o solo mais friável e aumentando consideravelmente sua trabalhabilidade.
- O tempo de cura não influencia na variação do índice de plasticidade das misturas de solo com cal.

# Resultados

- Diferença significativa nos ensaios de adensamento ocorreu com redução de 50% do índice de compressão (Cc), que foi reduzido de 0,51 em amostras indeformadas para 0,26 na amostra amolgada + 5% de cal. Isto representa uma **redução expressiva no recalque se o solo for misturado com a cal.**
- O coeficiente de permeabilidade (k) aumenta 6 vezes quando se incorpora 5% de cal ao solo, o que significa que **os recalques se processarão mais rapidamente quando o solo é modificado com cal.**

*Obrigado pela  
atenção*



*Agradecimentos*

