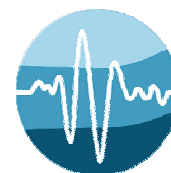


Ensaio de piezocone

Procedimentos e equipamentos

Agosto 2007



INTRODUÇÃO

Os ensaios de piezocone têm por objetivo obter as seguintes informações:

- Estratigrafia detalhada do terreno;
- Detecção de lentes finas de areia e de argila
- Previsão de resistência e compressibilidade;
- Obtém o coeficiente de consolidação e a permeabilidade de solos finos;
- Capacidade de carga de estacas e de fundações rasas;

Os ensaios sísmicos são realizados a cada metro ao longo da penetração e permitem determinação *rigorosa* (sem correlações) do módulo de deformação de corte G . Tais módulos podem ser aplicados diretamente a casos de fundações rasas e escavações.

PIEZOCONE SÍSMICO TERRATEK

A Terratek fabrica os seus próprios piezocones sísmicos no seu laboratório eletrônico situado em Belo Horizonte, MG. Os piezocones Terratek permitem as seguintes medições:

- Resistência de ponta q_c até 100 MPa
- Atrito lateral f_s
- Poropressão logo atrás da ponta (posição u_2)
- Inclinação do cone
- Geofone horizontal para ondas S
- Geofone vertical para ondas P

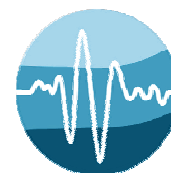


Figura 1 Piezocone Terratek

Outra grande vantagem dos cones Terratek é que a eletrônica embarcada no cone faz a digitalização dos dados no próprio cone em 14 bits com taxa de amostragem de 1.5 kHz. Isso melhora a qualidade dos sinais que são transmitidos de forma digital por cabo USB até o computador.

NORMAS

Os procedimentos de ensaio **Terratek** atendem às seguintes normas

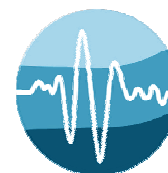
- i) ASTM D5778 (2000) Standard method for performing electronic friction cone and piezocone penetration testing of soils
- ii) ABNT MB-3406 Ensaio de penetração de cone in situ (CPT)
- iii) ISSMFE Report TC 16 International reference test procedures for cone penetration tests
- iv) DNER PRO 381/98 Projeto de aterros sobre solos moles para fins rodoviários

Ensaio de dissipação

Os ensaios de dissipação são em geral realizados a cada metro ao longo da penetração, ou atendendo a requisitos do cliente.

Constam de paralisar a penetração e observar a variação da poropressão. No primeiro segundo, após o início da dissipação, são feitas mais de 200 leituras. Essa taxa diminui com o tempo, até atingir a taxa mínima de uma leitura a cada 5 segundos..

Os resultados dos ensaios são plotados versus a raiz quadrada do tempo em segundos e analisados pelo método de Houlsby e Teh (1988).



APRESENTAÇÃO DE RESULTADOS



Project: Test Project
CPT: CPT-01

Total depth: 39.65 (m)

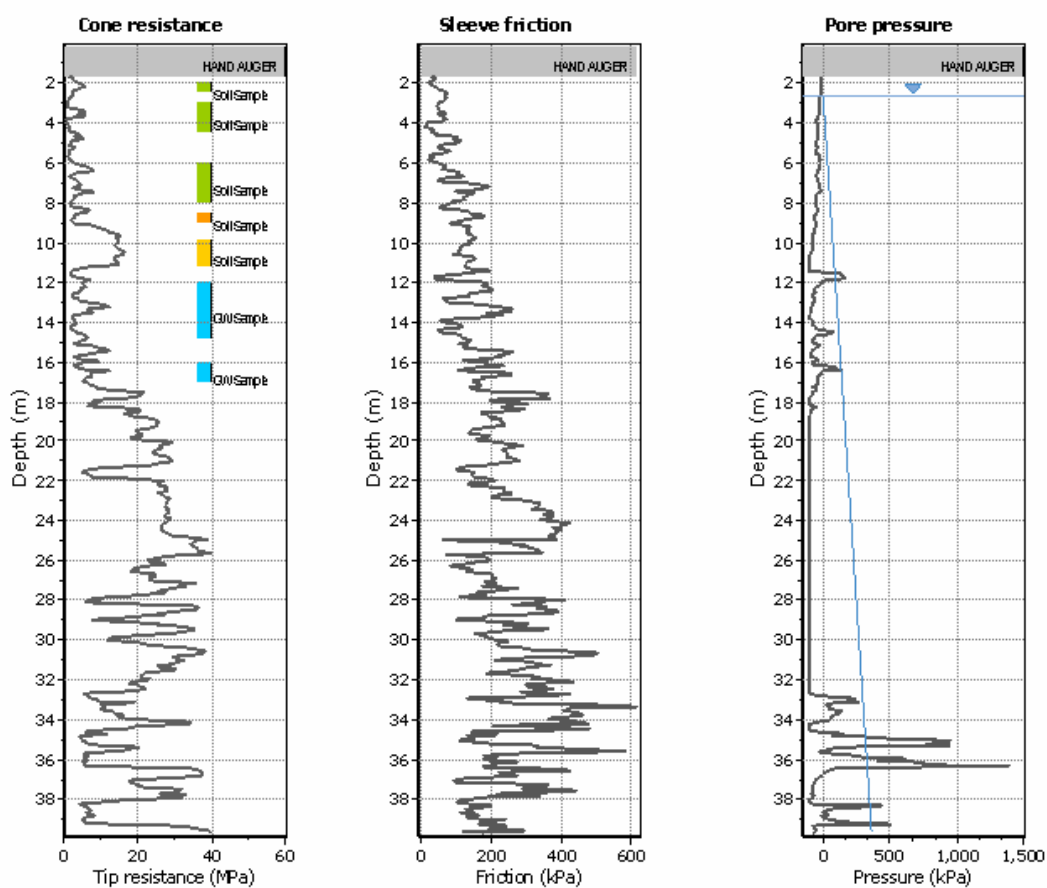


Figura 2 Resultados de ensaio, sem tratamento

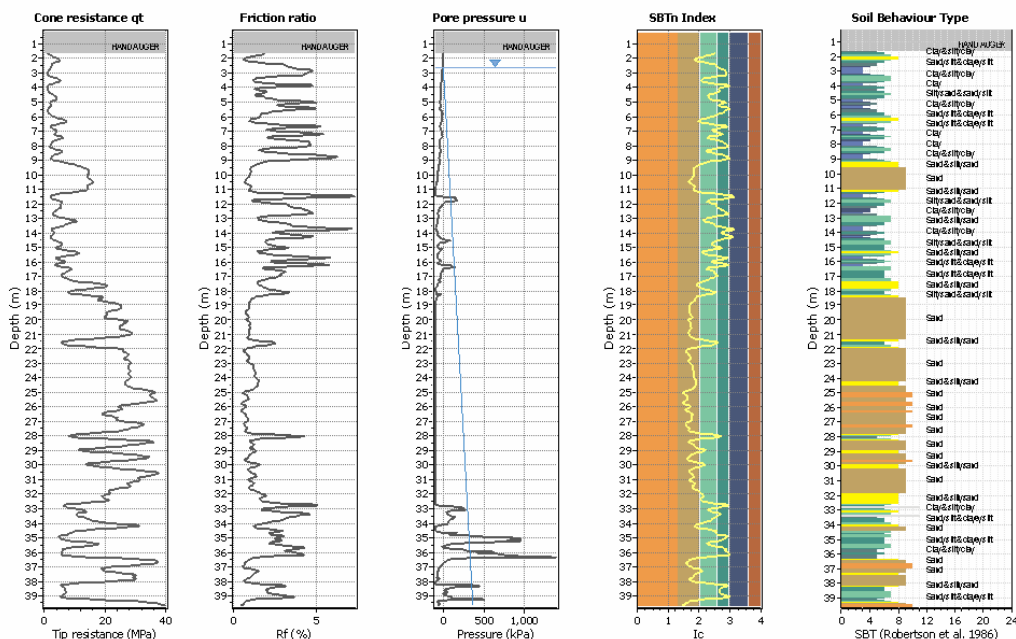
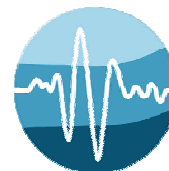


Figura 3 Resultados processados e interpretados

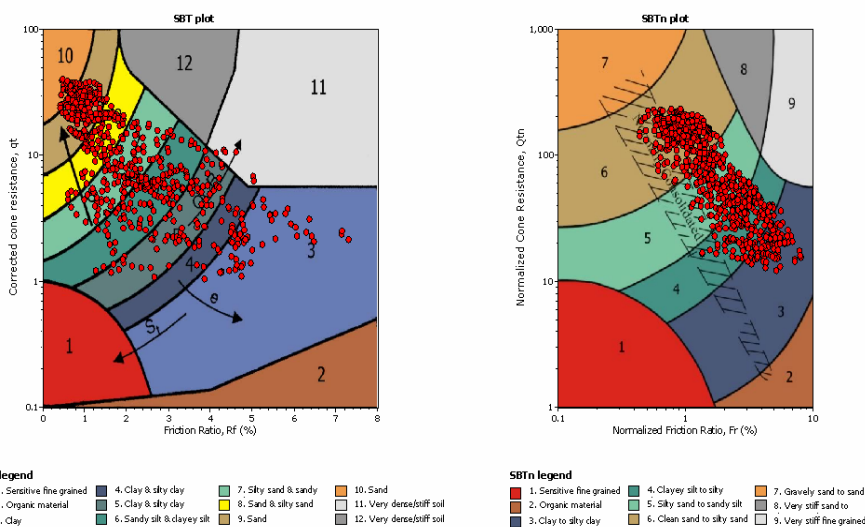
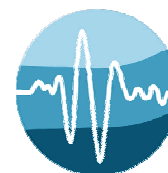
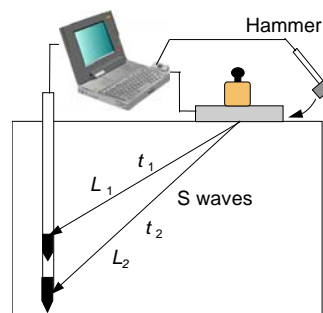


Figura 4 Gráfico SBT (soil behaviour type)



ENSAIOS SÍSMICOS

Os ensaios sísmicos devem ser realizados a cada metro ao longo da profundidade. Constam de gerar ondas sísmicas de cisalhamento (*S*) e de compressão (*P*) na superfície do terreno. Isso é conseguido através de pancadas normais e laterais de uma marteleta de 10 kg em uma placa de aço na superfície do terreno. As ondas *S* e *P* geradas dessa forma são captadas pelos geofones horizontal e vertical localizados no topo do piezocone. O sinal elétrico resultante é registrado pelo sistema de aquisição de dados.



A cada profundidade devem ser dadas pelo menos três pancadas para cada onda na placa e devem ser obtidos os sinais resultantes.

Processamento dos ensaios sísmicos

A **Terratek** desenvolveu programa específico para processamento de ensaios sísmicos denominado SPAS (*Seismic Processing and Analysis of Signals*) (Bucher et al 1999) que se encontra hoje na versão 2007.

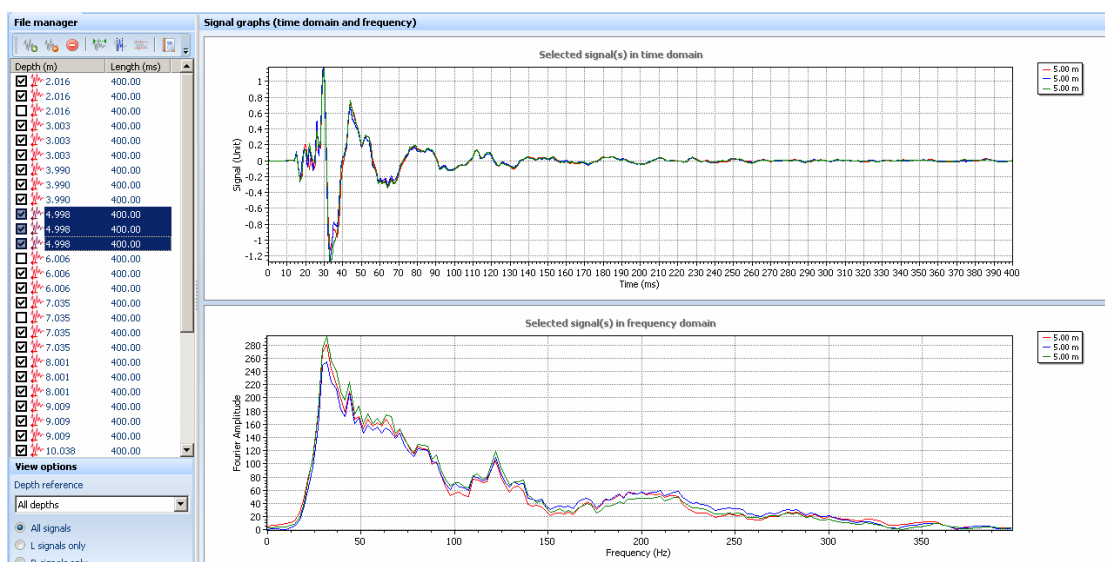


Figura 5 Análise de sinais em cada profundidade no domínio do tempo e da frequência

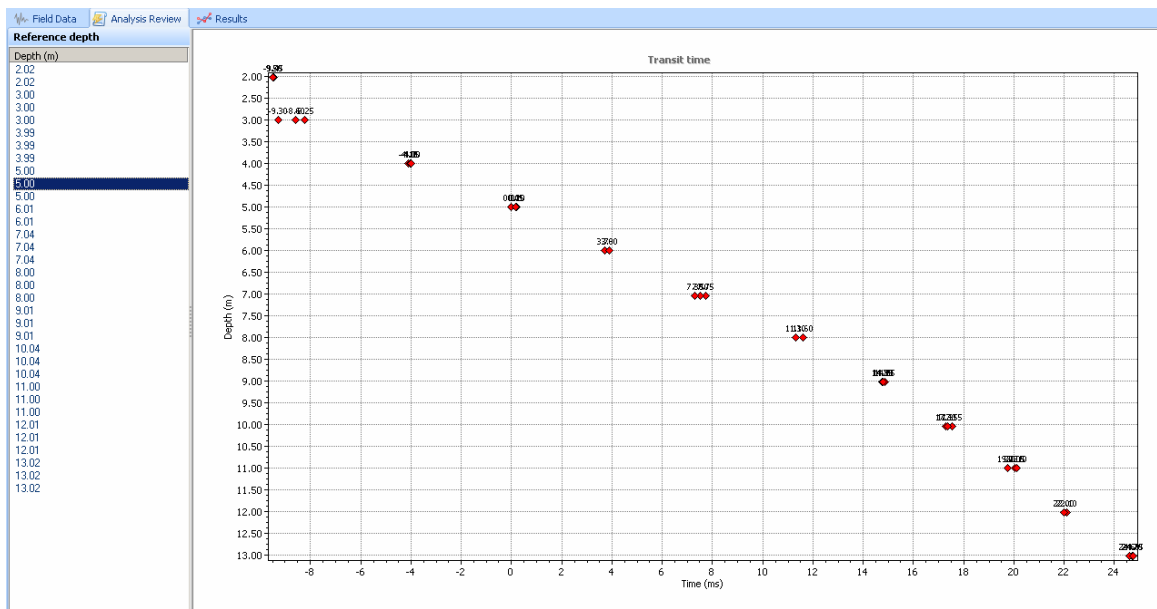
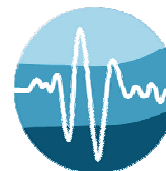


Figura 6 Análise do tempo de trânsito



Project:
Borehole ID:

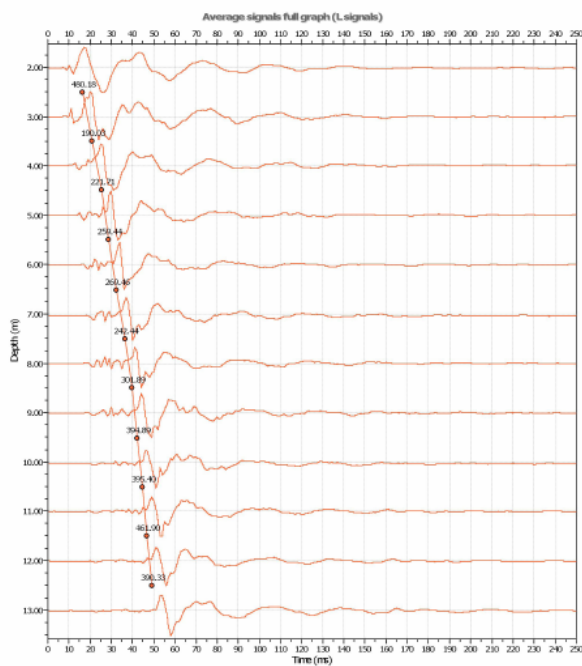




Figura 7 Plotagem dos sinais após processamento

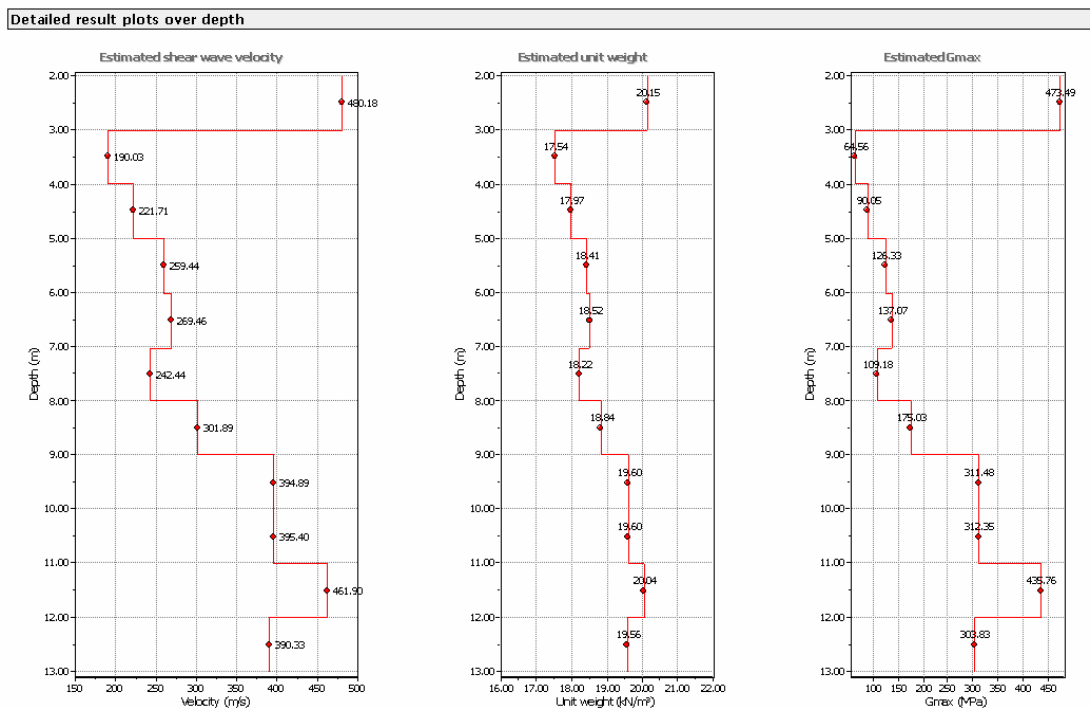
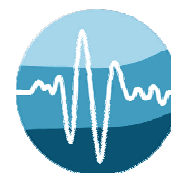


Figura 8 Resultados finais: velocidade de propagação e valor do módulo G

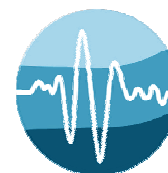


CALIBRAÇÃO DO PIEZOCONE

Os piezocones Terratek são calibrados conforme norma ASTM D5778 no nosso laboratório em Belo Horizonte usando padrões com rastreabilidade assegurada até padrões primários.



Figura 9 Calibração do piezocone



Piezocone calibration



| Tip resistance | | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|
| Cone tip capacity 100 MPa | Cone diameter | 36 mm | Calibrated by DHBS |
| Date: 18 Nov 2006 | Cone area | 10 cm ² | Friction capacity 1000 kPa |
| Calibration standard ASTM D5778 | Cone serial number | 302 | Sleeve area 150 cm ² |

| Target gauge reading | Actual gauge reading | Applied force | Full scale output FSO | Measured cone resistance | Measured sleeve resistance | Actual cone resistance | Best straight line fit | Linearity | Calibration error |
|----------------------|----------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|-----------|-----------------------|
| | | x | | y | q_{ca} | | | | |
| | | kN | FSO - % | q_c (MPa) | f_s - kPa | MPa | MPa | %FSO | $(q_{ca}-y) / q_{ca}$ |
| 0 | Baseline | | | 0.053 | 2.057 | | | | |
| 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.000 | 2.057 | 0.000 | -0.052 | 0.052 | |
| 200 | 200 | 2.0 | 2.0 | 2.037 | 3.147 | 1.961 | 1.909 | 0.128 | |
| 500 | 500 | 4.9 | 4.9 | 4.912 | 4.004 | 4.903 | 4.851 | 0.061 | 1.063 |
| 1000 | 1000 | 9.8 | 9.7 | 9.736 | 6.128 | 9.807 | 9.754 | -0.018 | 0.533 |
| 2500 | 2500 | 24.5 | 24.2 | 24.245 | 10.877 | 24.517 | 24.464 | -0.218 | 0.215 |
| 5000 | 5000 | 49.0 | 48.8 | 48.765 | 13.877 | 49.033 | 48.979 | -0.215 | 0.109 |
| 7500 | 7500 | 73.5 | 73.7 | 73.706 | 16.381 | 73.550 | 73.495 | 0.211 | 0.074 |
| 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.002 | 2.213 | 0.000 | -0.052 | 0.054 | |
| 0 | Baseline | | | 0.055 | 2.213 | | | | |

| Calibration results | Results | Unit | Allowable | Approval |
|---------------------------------------|---------|--------|-----------|---------------|
| *Best fit straight line ($y'=mx+b$) | m = | 1.000 | | |
| | b = | -0.052 | | |
| Maximum load transfer sleeve | | 1.638 | %FSO | 2 |
| Max linearity error | | -0.218 | %FSO | 1 |
| Max calibration errors | | 1.063 | %MO | 2%MO > 20%FSO |
| Max zero load error | | -0.002 | %FSO | 0.5 |
| Max sleeve zero drift error | | -0.016 | %FSO | 1 |

Figura 10 Certificado de calibração, conforme norma ASTM D5778



REFERÊNCIAS

- Bucher H, Ortigao J A R & Sayao A S F J (1999) Automated analysis of seismic piezocone tests, 11th Pan Am Conference, Iguassu Falls, August, 1999, vol 2, pp 763-770
- Burns S & Mayne P W (1996) Small magnitude measurements in geotechnical engineering, TRR Transportation Research Record no. 1548, pp 81-88
- Burns S and Mayne PW (2002) Interpretation of seismic piezocone results for the estimation of hydraulic conductivity in clays, ASTM Geotechnical testing Journal, vol 25, no 3
- Houlsby G T & Teh C I (1988) Analysis of the piezocone tests in clay, In:De Ruiter J (ed.), *Penetration Testing*, Proc. 1st Isopt, Orlando, Balkema, Rotterdam, vol 2, pp 777-783
- Lunne T, Robertson P K & Powell J J M (1997) Cone penetration testing in geotechnical practice, Blackie, 312 p
- Ortigao J A R (1995) Soil mechanics in the light of critical state theories, A A Balkema, Rotterdam, 299 p.
- Robertson, P.K. and Campanella, R.G. (1989) Guidelines for Geotechnical Design using CPT and CPTU, *Soil Mechanics Series No. 120*, Civil Eng. Dept., Univ. of British Columbia, Vancouver, B.C., V6T 1Z4, Sept 1989.
- Robertson, P.K. and Campanella, R.G. (1989) Guidelines for Geotechnical Design using CPT and CPTU, *Soil Mechanics Series No. 120*, Civil Eng. Dept., Univ. of British Columbia, Vancouver, B.C., V6T 1Z4, Sept 1989.