

A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

**Prof. Dr. Antônio Sérgio Damasco Penna
DAMASCO PENNA ENGENHARIA GEOTÉCNICA**

ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

- **Ensaio de penetração de cone estático com medidas de pressões neutras "CPTu"**
- **Dilatômetro de Marchetti "DMT"**
- **Ensaio de palheta "Vane - Test" "VST"**
- **Ensaio pressiométrico "PMT"**



Sondagem a percussão

ABNT – NBR 6122 /2010

4.3 Investigação geotécnica preliminar

Para qualquer edificação deve ser feita uma campanha de investigação geotécnica preliminar, constituída no mínimo por sondagens a percussão (com SPT), visando a determinação da estratigrafia e classificação dos solos, a posição do nível d'água e a medida do índice de resistência à penetração N_{SPT} , de acordo com a ABNT NBR 6484. Na classificação dos solos deve ser empregada a ABN NBR 6502.

Em função dos resultados obtidos na investigação geotécnica preliminar, pode ser necessária uma investigação complementar, através da realização de sondagens adicionais, instalação de indicadores de nível d'água, piezômetros, bem como de outros ensaios de campo e de ensaios de laboratório. Em obras de grande extensão, a utilização de ensaios geofísicos pode se constituir num auxiliar eficaz no traçado dos perfis geotécnicos do subsolo.

Independentemente da extensão da investigação geotécnica preliminar realizada, devem ser feitas investigações adicionais sempre que, em qualquer etapa da execução da fundação, forem constatadas diferenças entre as condições locais e as indicações fornecidas pela investigação preliminar, de tal forma que as divergências fiquem completamente esclarecidas.

Para a programação de sondagens de simples reconhecimento para fundações de edifícios, deve ser empregada a ABNT NBR 8036.

A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

SINGEO 2013

Aplicações dos diversos ensaios

Table I.1 The applicability and usefulness of *in situ* tests

Group	Device	Soil Parameters													Ground Type						
		Soil type	Profile	u	ϕ'	s_u	I_D	m_v	c_v	k	G_o	σ_h	OCR	$\sigma-\varepsilon$	Hard rock	Soft rock	Gravel	Sand	Silt	Clay	Peat
Penetrometers	Dynamic	C	B	-	C	C	C	-	-	-	C	-	C	-	-	C	B	A	B	B	B
	Mechanical	B	A/B	-	C	C	B	C	-	-	C	C	C	-	-	C	C	A	A	A	A
	Electric (CPT)	B	A	-	C	B	A/B	C	-	-	B	B/C	B	-	-	C	C	A	A	A	A
	Piezcone (CPTU)	A	A	A	B	B	A/B	B	A/B	B	B	B/C	B	C	-	C	-	A	A	A	A
	Seismic (SCPT/SCPTU)	A	A	A	B	A/B	A/B	B	A/B	B	A	B	B	B	-	C	-	A	A	A	A
	Flat dilatometer (DMT)	B	A	C	B	B	C	B	-	-	B	B	B	C	C	C	-	A	A	A	A
	Standard penetration test (SPT)	A	B	-	C	C	B	-	-	-	C	-	C	-	-	C	B	A	A	A	A
Resistivity probe	B	B	-	B	C	A	C	-	-	-	-	-	-	-	C	-	A	A	A	A	
Pressuremeters	Pre-bored (PBP)	B	B	-	C	B	C	B	C	-	B	C	C	C	A	A	B	B	B	A	B
	Self boring (SBP)	B	B	A ¹	B	B	B	B	A ¹	B	A ²	A/B	B	A/B ²	-	B	-	B	B	A	B
	Full displacement (FDP)	B	B	-	C	B	C	C	C	-	A ²	C	C	C	-	C	-	B	B	A	A
Others	Vane	B	C	-	-	A	-	-	-	-	-	-	B/C	B	-	-	-	-	-	A	B
	Plate load	C	-	-	C	B	B	B	C	C	A	C	B	B	B	A	B	B	A	A	A
	Screw plate	C	C	-	C	B	B	B	C	C	A	C	B	-	-	-	-	A	A	A	A
	Borehole permeability	C	-	A	-	-	-	-	B	A	-	-	-	-	A	A	A	A	A	A	B
	Hydraulic fracture	-	-	B	-	-	-	-	C	C	-	B	-	-	B	B	-	-	C	A	C
	Crosshole/downhole/ surface seismic	C	C	-	-	-	-	-	-	-	A	-	B	-	A	A	A	A	A	A	A

Applicability: A = high; B = moderate; C = low; - = none.

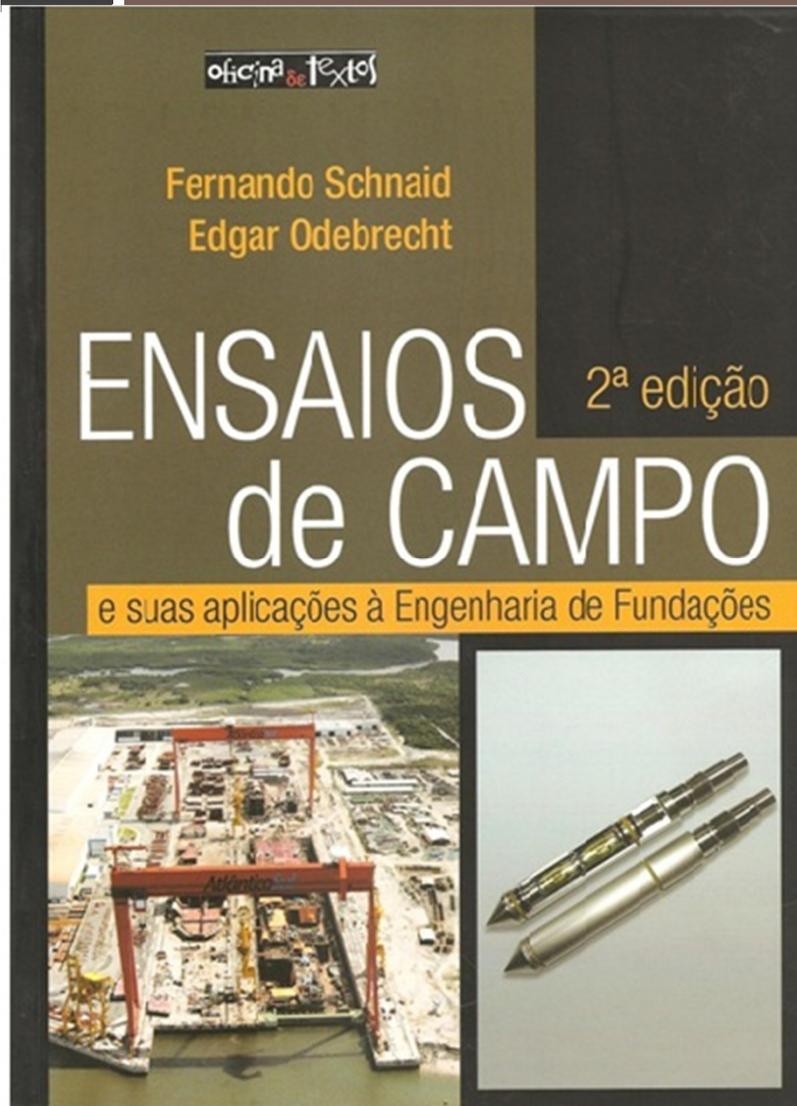
* ϕ' = Will depend on soil type; ¹ = Only when pore pressure sensor fitted; ² = Only when displacement sensor fitted.

Soil parameter definitions: u = *in situ* static pore pressure; ϕ' = effective internal friction angle; s_u = undrained shear strength; m_v = constrained modulus; c_v = coefficient of consolidation; k = coefficient of permeability; G_o = shear modulus at small strains; σ_h = horizontal stress; OCR = overconsolidation ratio; $\sigma-\varepsilon$ = stress-strain relationship; I_D = density index.

Transcrito de Lunne, Robertson e Powell – CPT – Cone Penetration Test in Geotechnical Practice – 1997

BIBLIOGRAFIA NACIONAL

SINGEO
2013



Prof. Fernando Schnaid
Prof. Edgar Odebrecht

Editora Oficina de Texto - 20012

www.ofitexto.com.br

SPT

CPTu

DMT

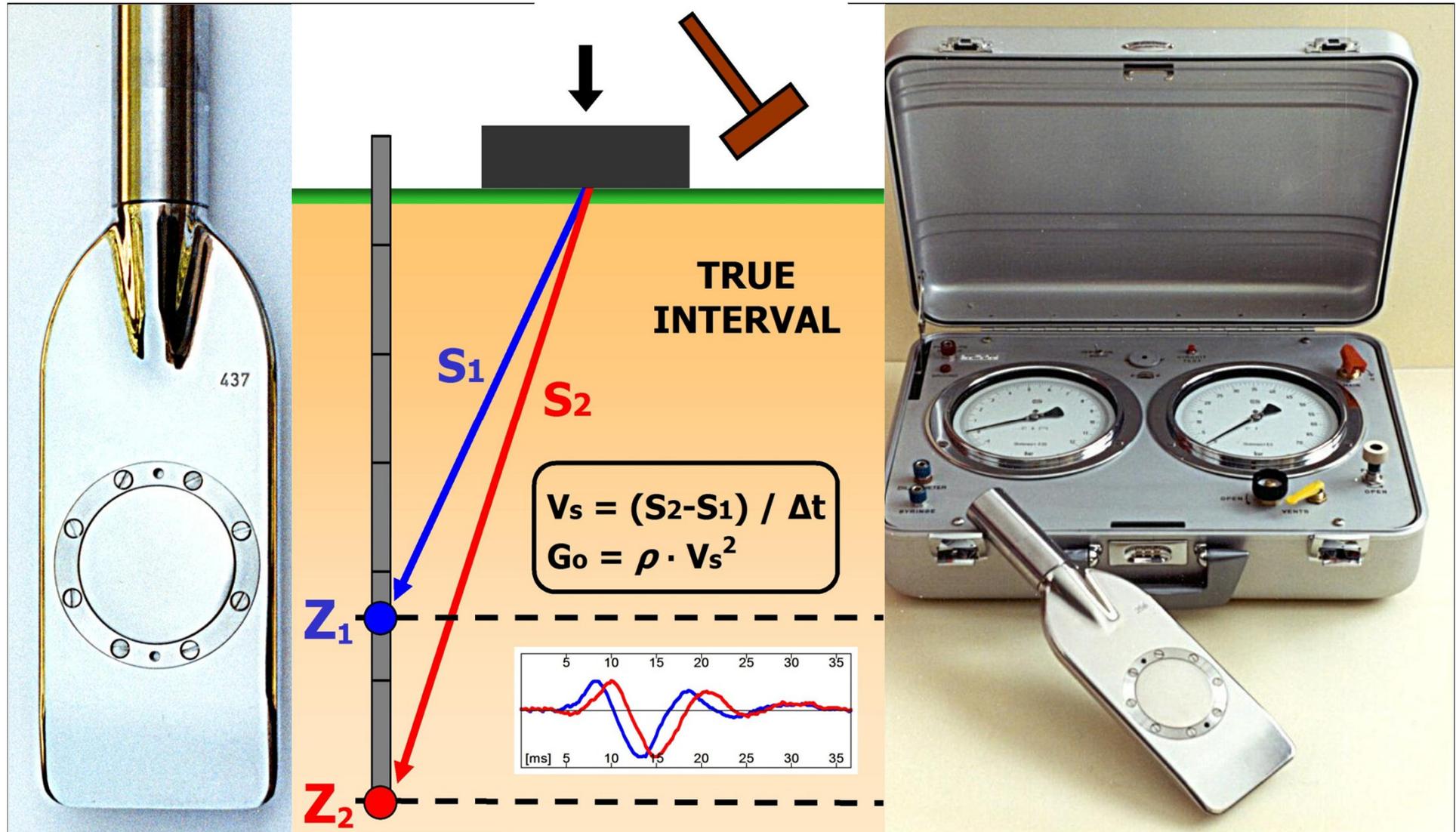
VST

PMT

A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

SINGEO 2013

Ensaio DMT ou SDMT



A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

SINGEO
2013

Ensaio DMT ou SDMT

APLICAÇÃO EM PISOS DE GALPÕES DE LOGÍSTICA

Engenharia geotécnica aplicada aos pisos industriais

- A rotina de reconhecimento do terreno costuma envolver o uso de sondagens a percussão, sempre realizadas com a finalidade de orientar o projeto das fundações;
- São realizados, também, ensaios CBR do solo superficial;
- Pouco frequente é a rotina de coleta de amostras para ensaios de caracterização e compactação;
- Pouco frequente, também, na rotina, são os ensaios especiais de campo.

Condições críticas para o apoio de um piso industrial

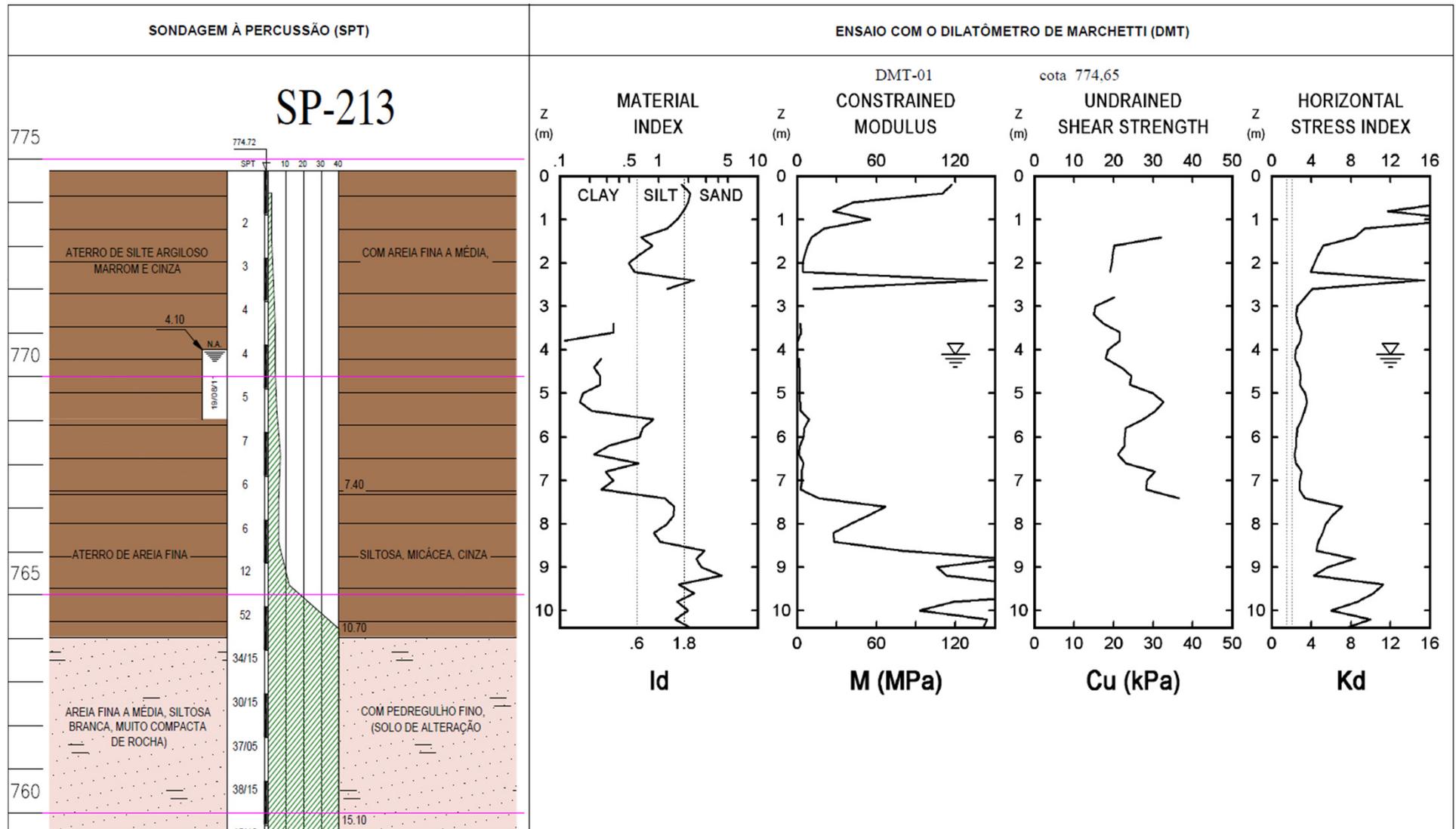
- Solos porosos insaturados colapsíveis;
- Solos saturados, de baixa consistência ou baixa compacidade;
- Aterros não compactados;
- Aterros com entulhos;
- Solos expansivos;
- Horizontes profundos de argilas moles saturadas.

Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m² – Embú / SP

Primeira campanha – Outubro de 2011

Ensaio DMT

SINGEO 2013



Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m² – Embú / SP
 Primeira campanha – Outubro de 2011
 Ensaio DMT

SINGEO
 2013

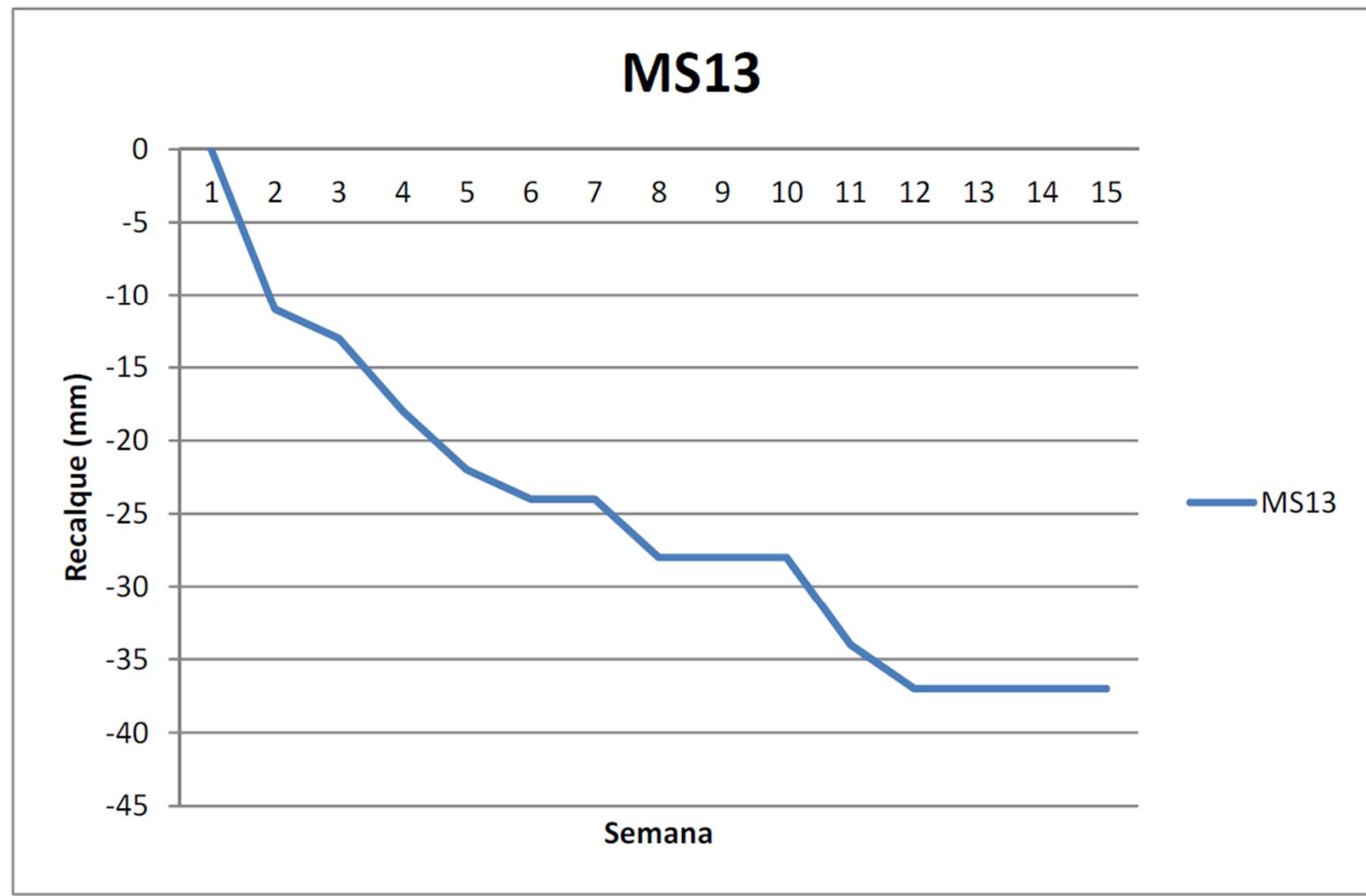


Al. Rio Negro, 1105 1o andar - cj. 11
 Barueri/SP - 06454-000
 Tel./Fax: (11) 4195-8385
 e-mail: damasco@damascopenna.com.br
 www.damascopenna.com.br

Resumo de dados	
Acréscimo de pressão (tf/m ²)	1,0
Recalque total (cm)	2,7475

CLIENTE: .					
OBRA: ROD. REGIS BITTENCOURT, KM 284 - EMBU/SP					
ENSAIO: DMT - 01					
<i>Planilha de avaliação de recalques devidos à aplicação, na superfície, de uma sobrecarga unitária distribuída</i>					
Profundidade	Módulo edométrico	Acréscimo de pressão	Espessura da camada	Varição de espessura da camada	Recalque acumulado
(m)	(Mpa)	(tf/m ²)	(cm)	(cm)	(cm)
0,20	117,50	1,00	30,0	0,0026	0,0026
0,40	110,20	1,00	20,0	0,0018	0,0044
0,60	42,80	1,00	20,0	0,0047	0,0090
0,80	26,90	1,00	20,0	0,0074	0,0165
1,00	55,50	1,00	20,0	0,0036	0,0201
1,20	20,40	1,00	20,0	0,0098	0,0299
1,40	10,90	1,00	20,0	0,0183	0,0482
1,60	8,00	1,00	20,0	0,0250	0,0732
1,80	5,60	1,00	20,0	0,0357	0,1089
2,00	4,10	1,00	20,0	0,0488	0,1577

Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m² – Embú / SP
Após 4 meses de sobrecarga de 5,0 tf/m²



Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m² – Embú / SP
Sobrecarga de 5,0 tf/m²

SINGEO
2013



Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m² – Embú / SP
 Segunda campanha – Agosto de 2012
 Após 4 meses de sobrecarga de 5,0 tf/m²

SINGEO
 2013



Al. Rio Negro, 1105 1o andar - cj. 11
 Barueri/SP - 06454-000
 Tel./Fax: (11) 4195-8385
 e-mail: damasco@damascopenna.com.br
 www.damascopenna.com.br

Resumo de dados	
Acréscimo de pressão (tf/m ²)	1,0
Recalque total (cm)	1,4648

CLIENTE: SANCA DESENVOLVIMENTO URBANO LTDA.					
OBRA: ROD. REGIS BITTENCOURT, KM 284 - EMBU/SP					
ENSAIO: DMT - 101					
<i>Planilha de avaliação de recalques devidos à aplicação, na superfície, de uma sobrecarga unitária distribuída</i>					
Profundidade	Módulo edométrico	Acréscimo de pressão	Espessura da camada	Variação de espessura da camada	Recalque acumulado
(m)	(Mpa)	(tf/m ²)	(cm)	(cm)	(cm)
0,20	254,90	1,00	30,0	0,0012	0,0012
0,40	109,70	1,00	20,0	0,0018	0,0030
0,60	55,70	1,00	20,0	0,0036	0,0066
0,80	49,90	1,00	20,0	0,0040	0,0106
1,00	87,80	1,00	20,0	0,0023	0,0129
1,20	128,20	1,00	20,0	0,0016	0,0144
1,40	66,30	1,00	20,0	0,0030	0,0175
1,60	102,30	1,00	20,0	0,0020	0,0194
1,80	89,00	1,00	20,0	0,0022	0,0217
2,00	76,90	1,00	20,0	0,0026	0,0243

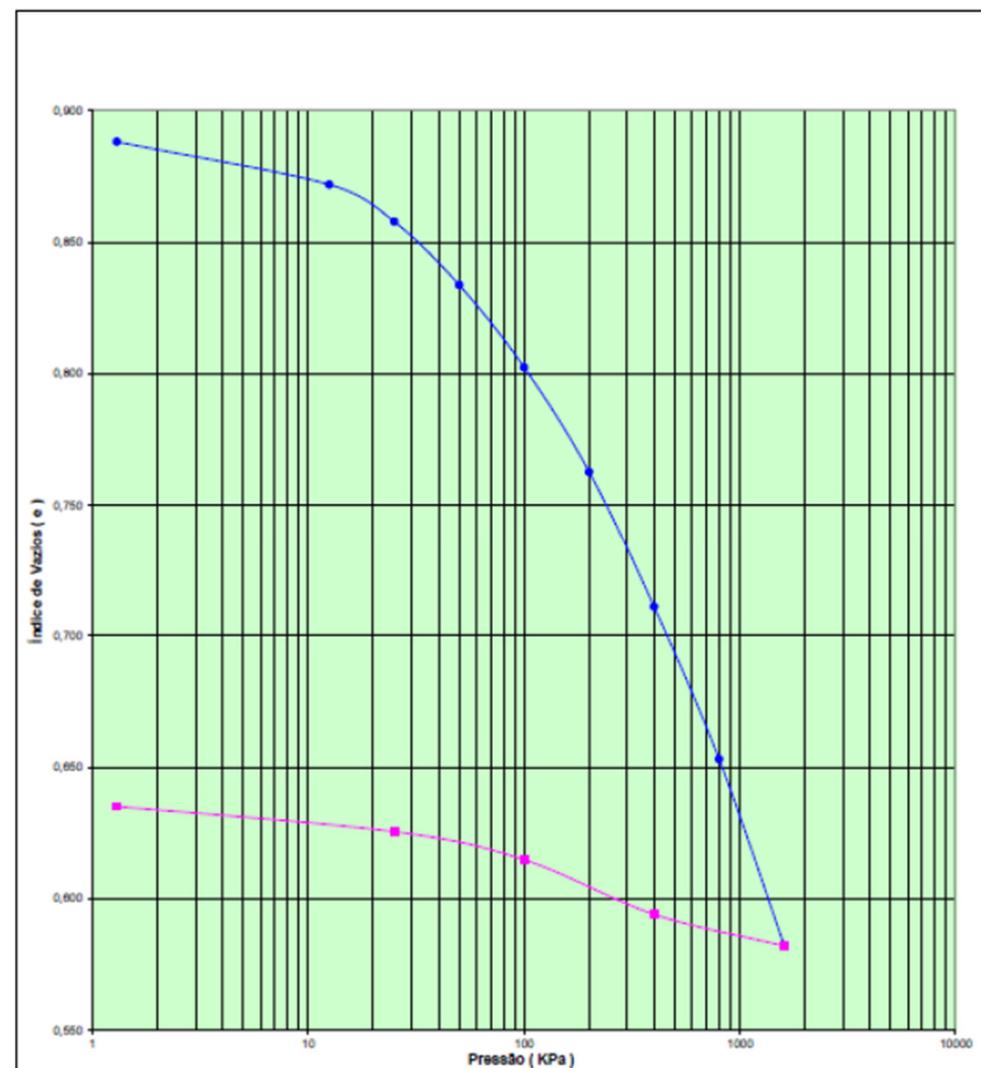
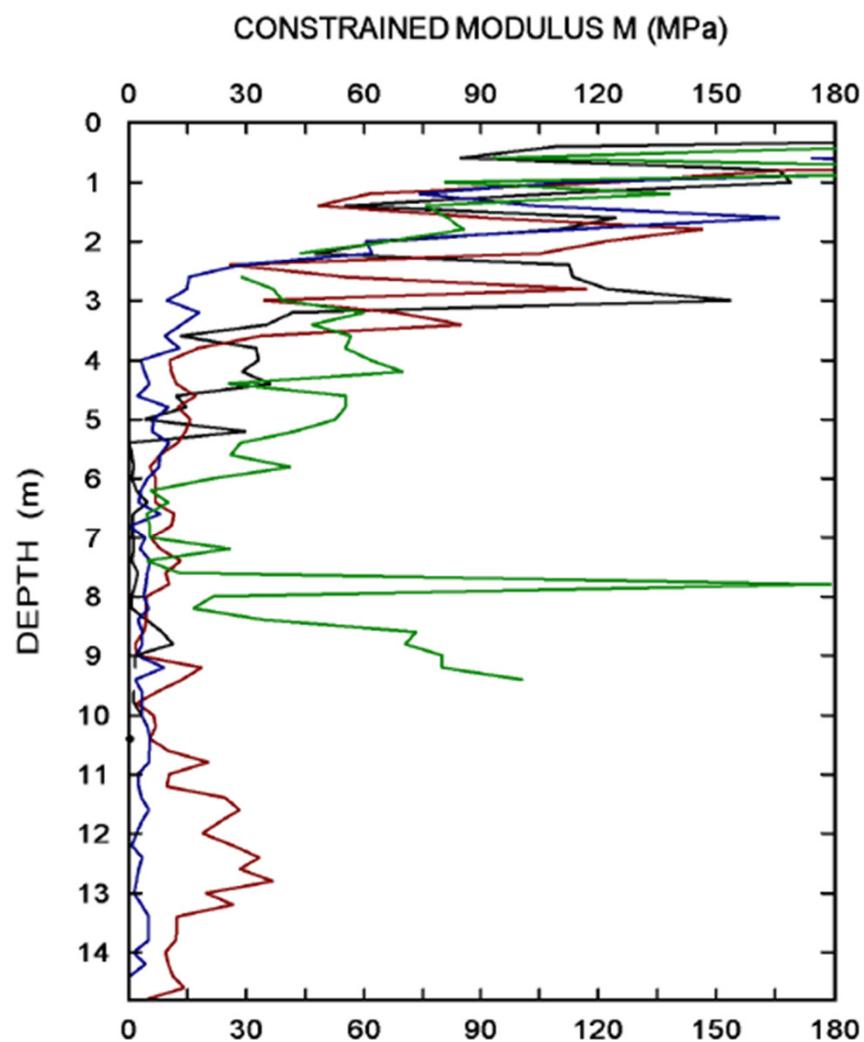
Jandira/ SP

Ensaio DMT em aterro não compactado

Ensaio de adensamento em amostra Shelby da argila mole

Recalque total do piso carregado avaliado em 26 cm

SINGEO
2013

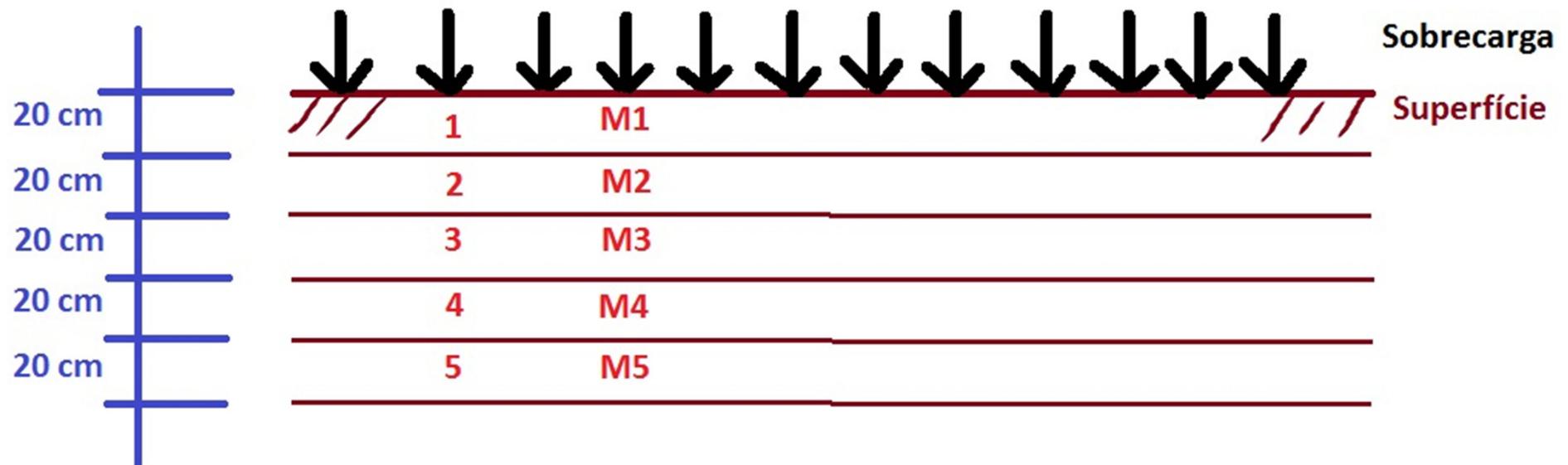


ENSAIO DMT

PREVISÃO DE RECALQUE

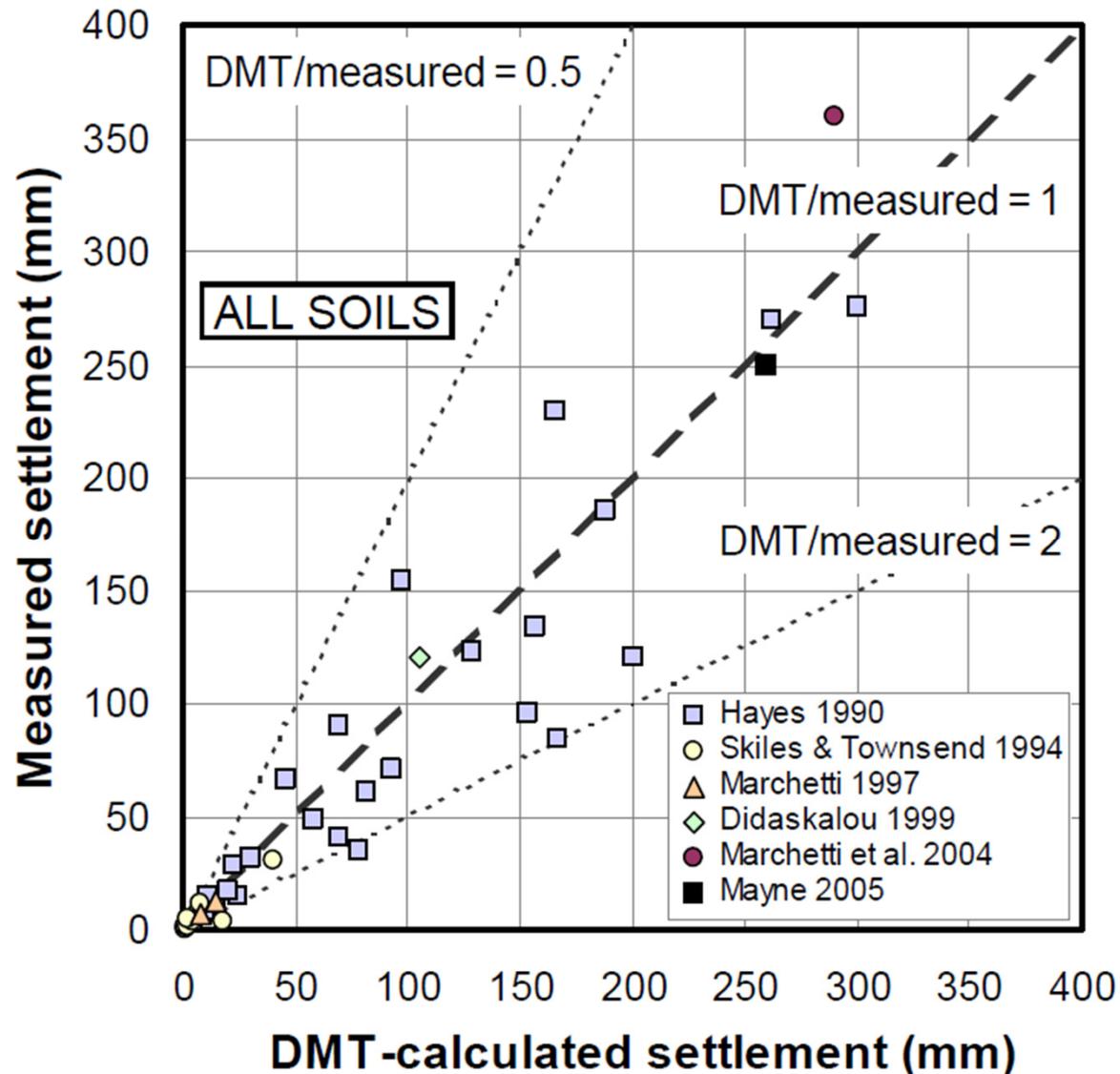
A partir do conhecimento dos valores de “M”, pode-se calcular recalques pela expressão:

$$\rho = \sum \frac{\Delta \sigma_i}{M_i} \cdot H_i$$



ENSAIO DMT PREVISÃO DE RECALQUE

SINGEO
2013



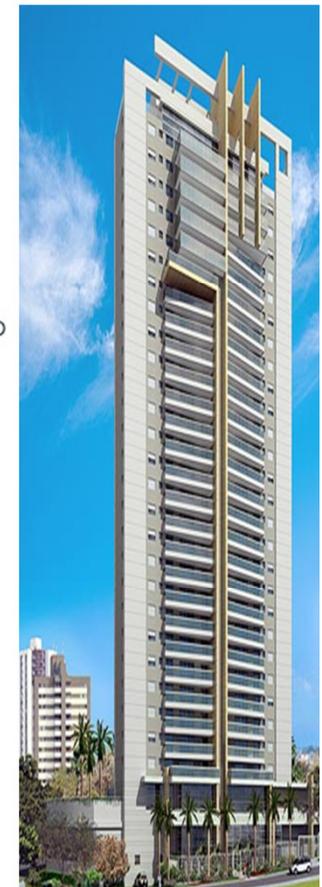
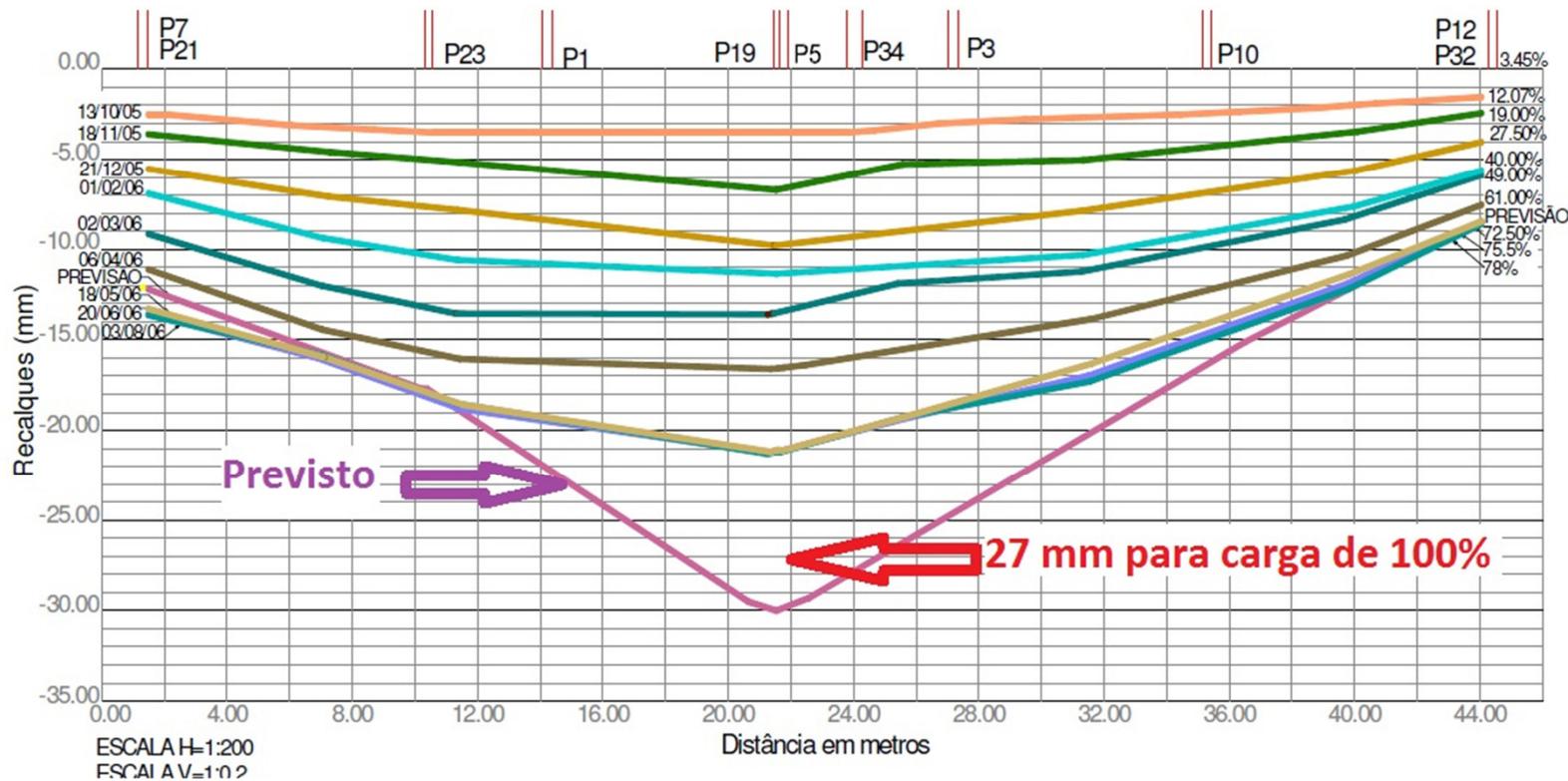
**DMT – Predicted vs
observed settlements:
a review of the
available experience**

**Simpósio em Washington
2006**

**Monaco P. , Totani G. ,
Calabrese M.**

PREVISÃO DE RECALQUE - ENSAIO DILATOMÉTRICO - DMT

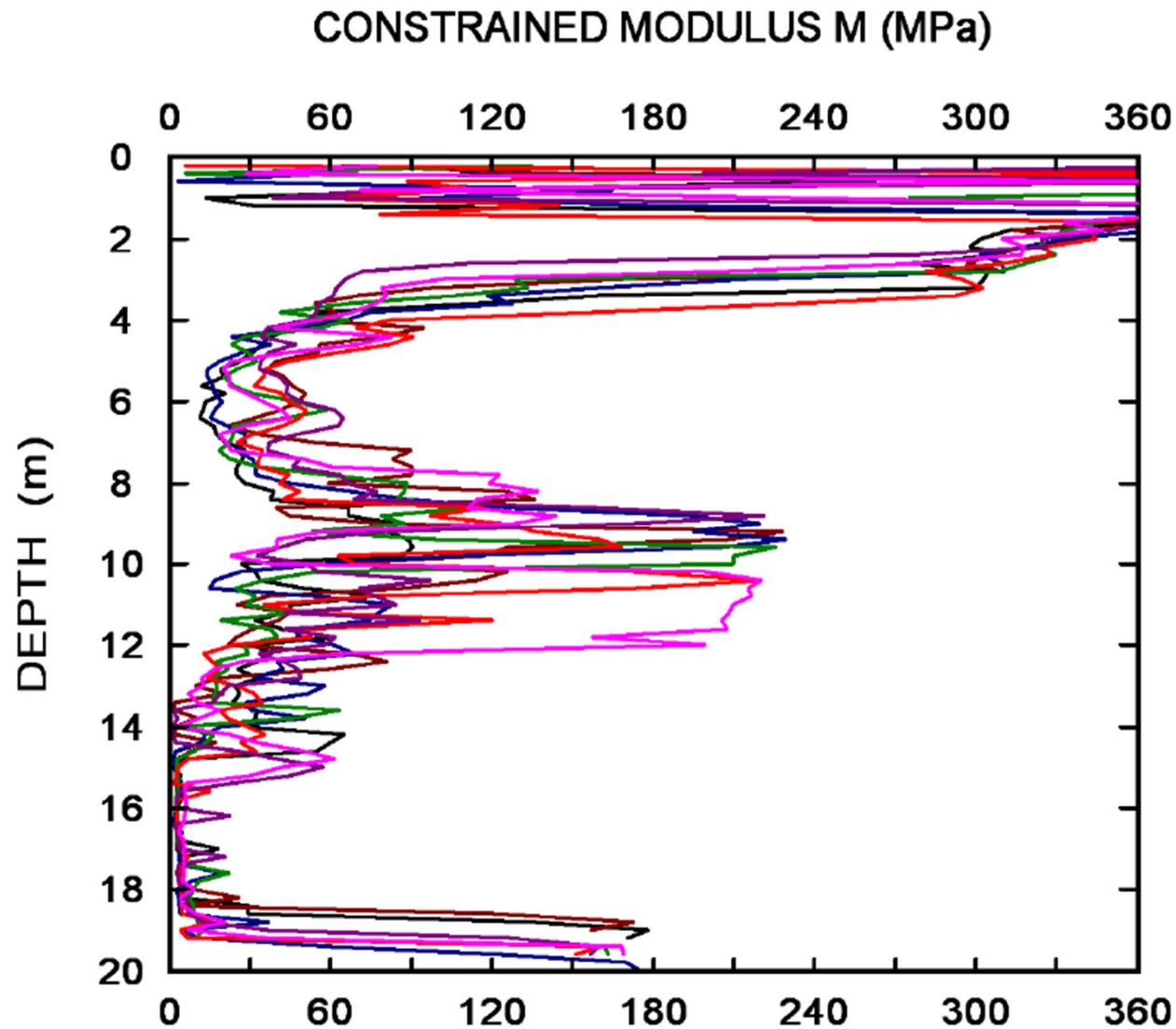
SINGEO 2013



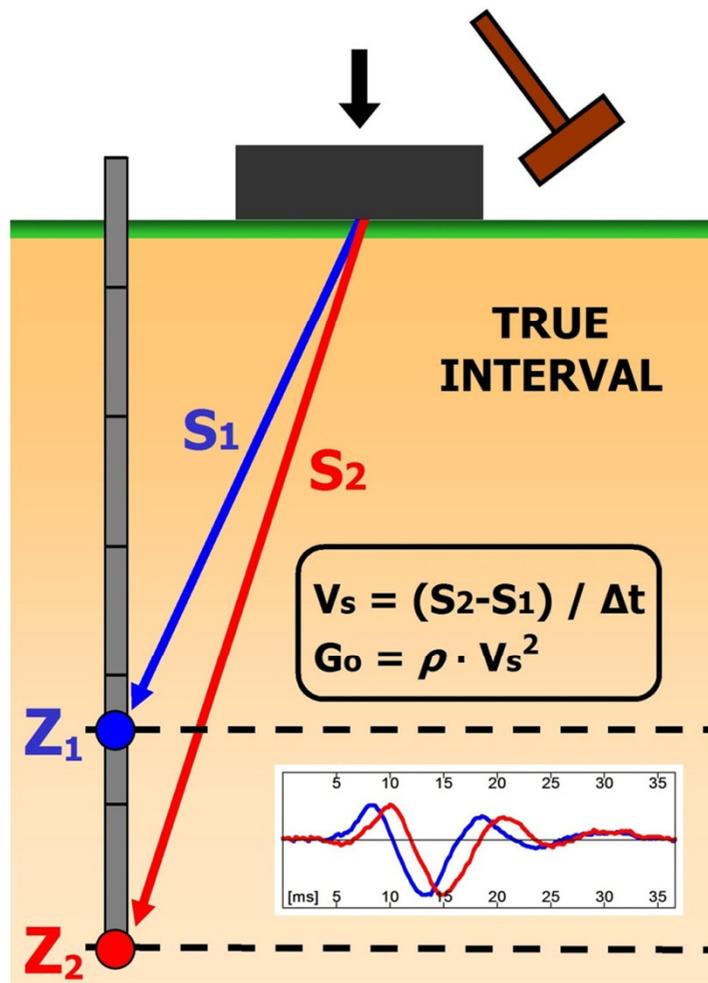
Ensaio DMT

REPETITIVIDADE DE RESULTADOS

SINGEO
2013



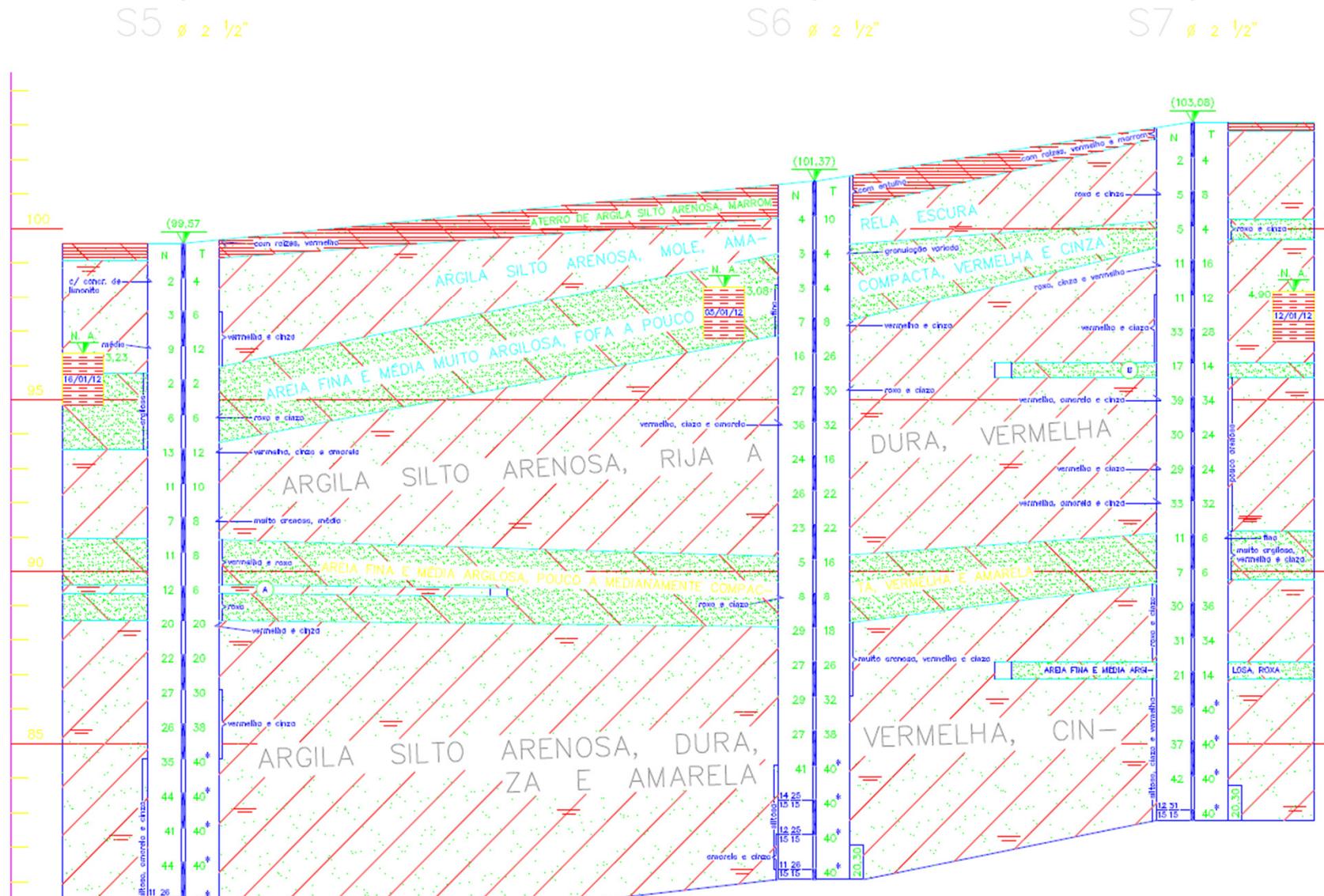
ENSAIO DILATOMÉTRICO SÍSMICO - SDMT



Santo André / SP

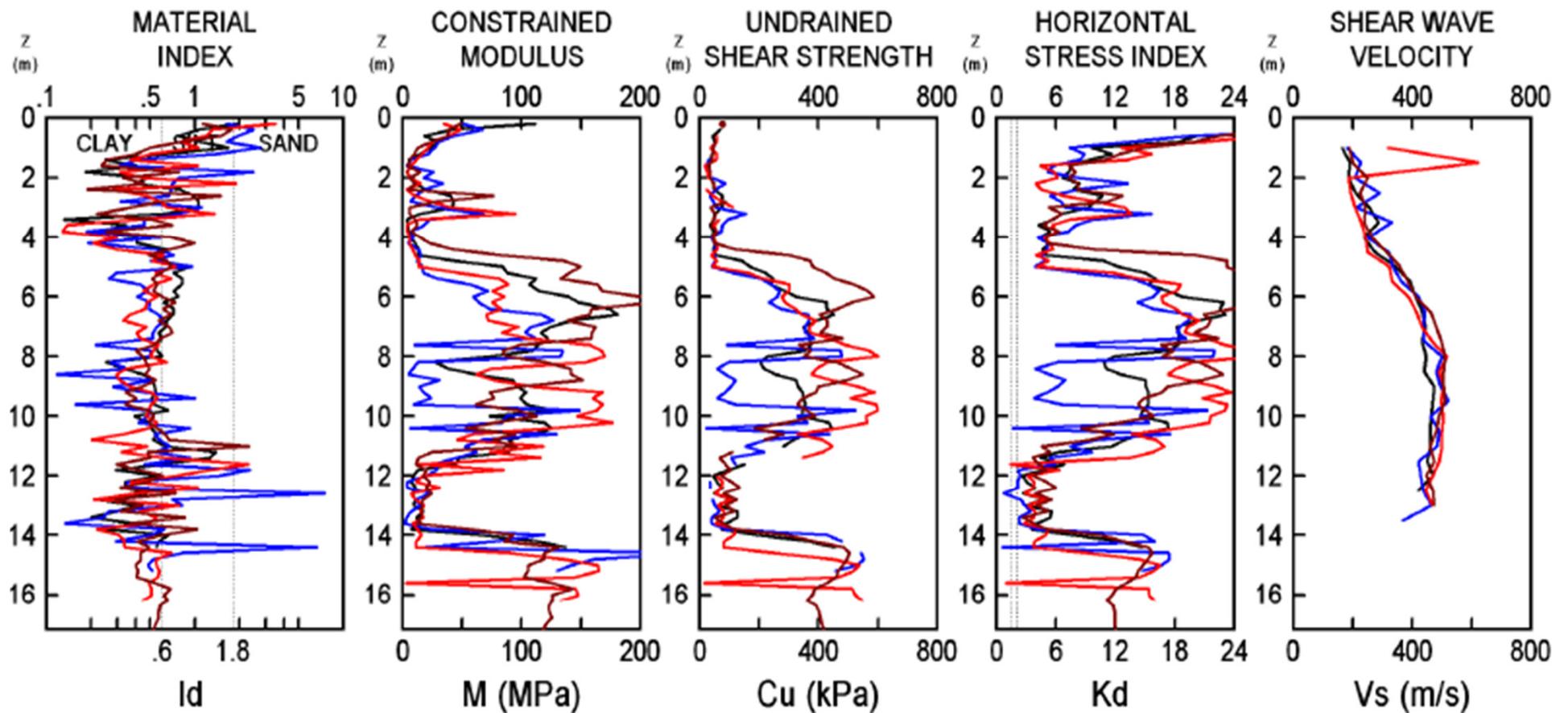
Sedimentos do terciário de São Paulo

SINGEO 2013



Santo André / SP
Sedimentos do terciário de São Paulo
Ensaio SDMT

SINGEO
2013

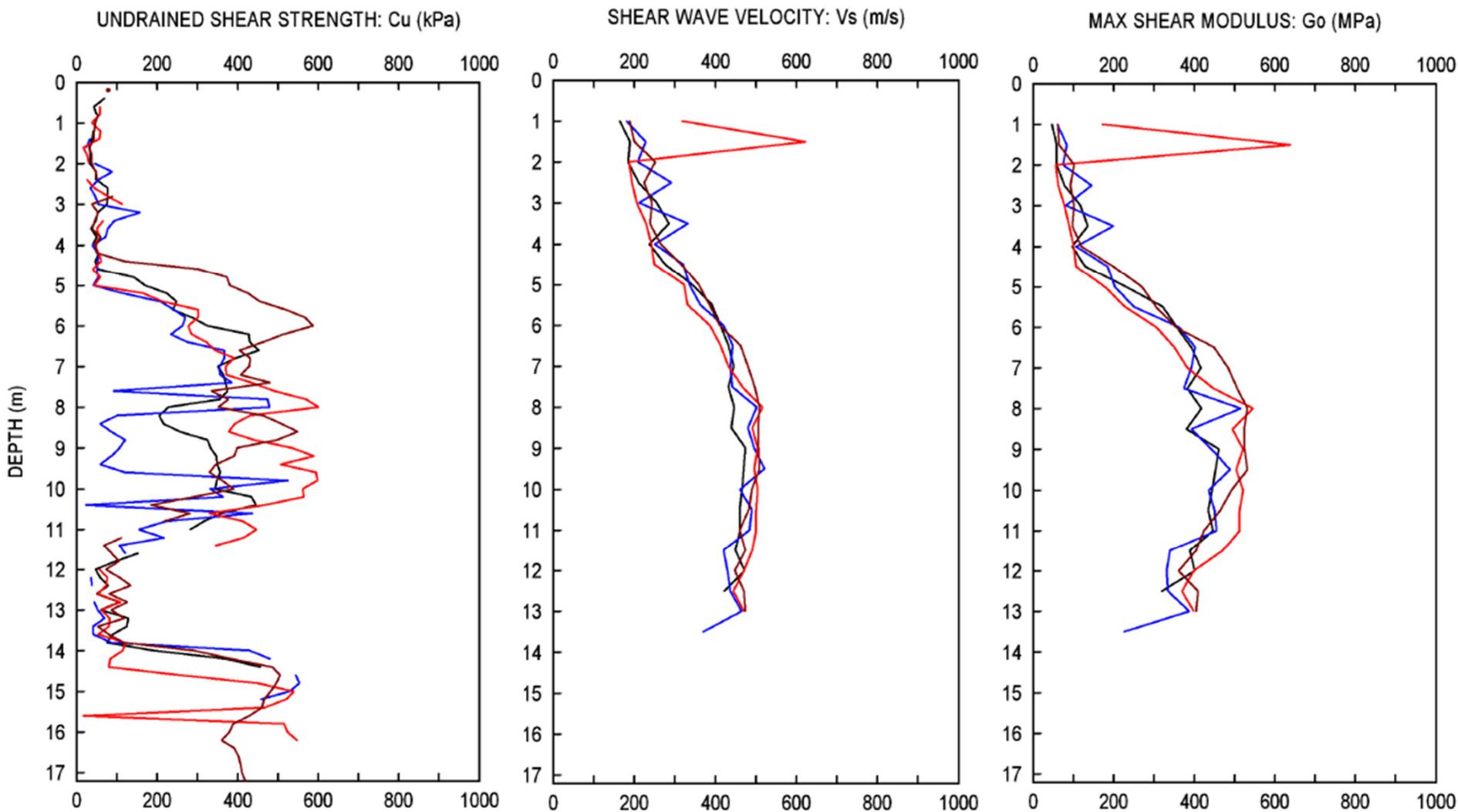


Santo André / SP

Sedimentos do terciário de São Paulo

Ensaio SDMT

SINGEO 2013

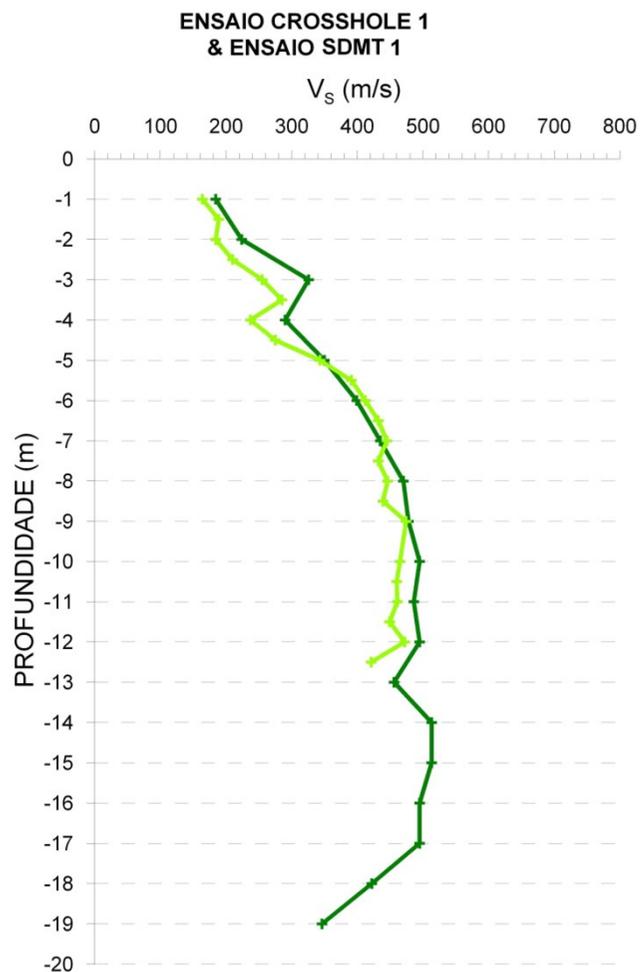


Santo André / SP

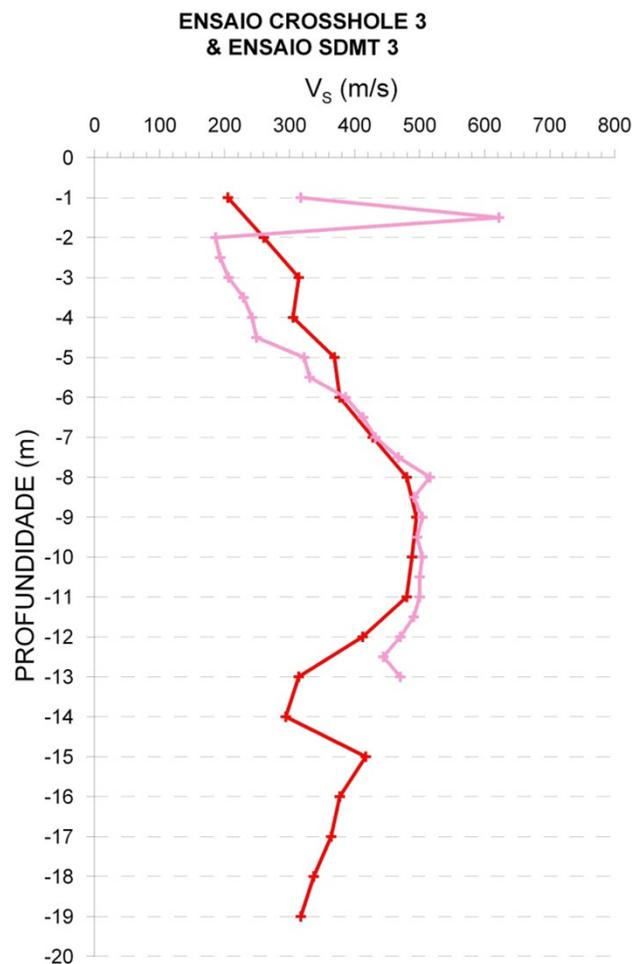
Comparação de resultados

Ensaio SDMT x Ensaio Cross Hole

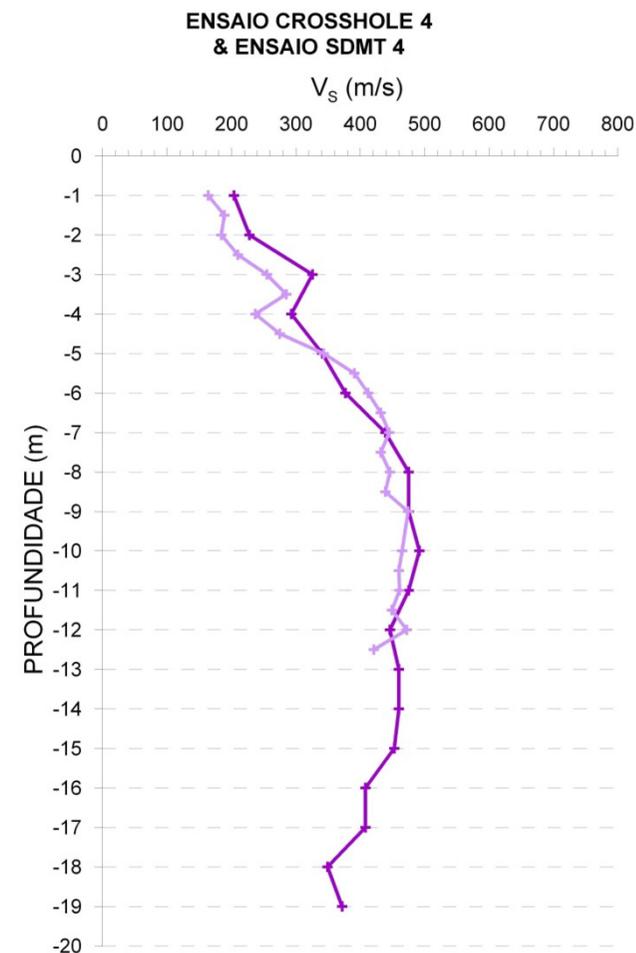
SINGEO 2013



—+— CROSSHOLE 1
—+— SDMT 1



—+— CROSSHOLE 3
—+— SDMT 3



—+— CROSSHOLE 4
—+— SDMT 4

A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

SINGEO 2013

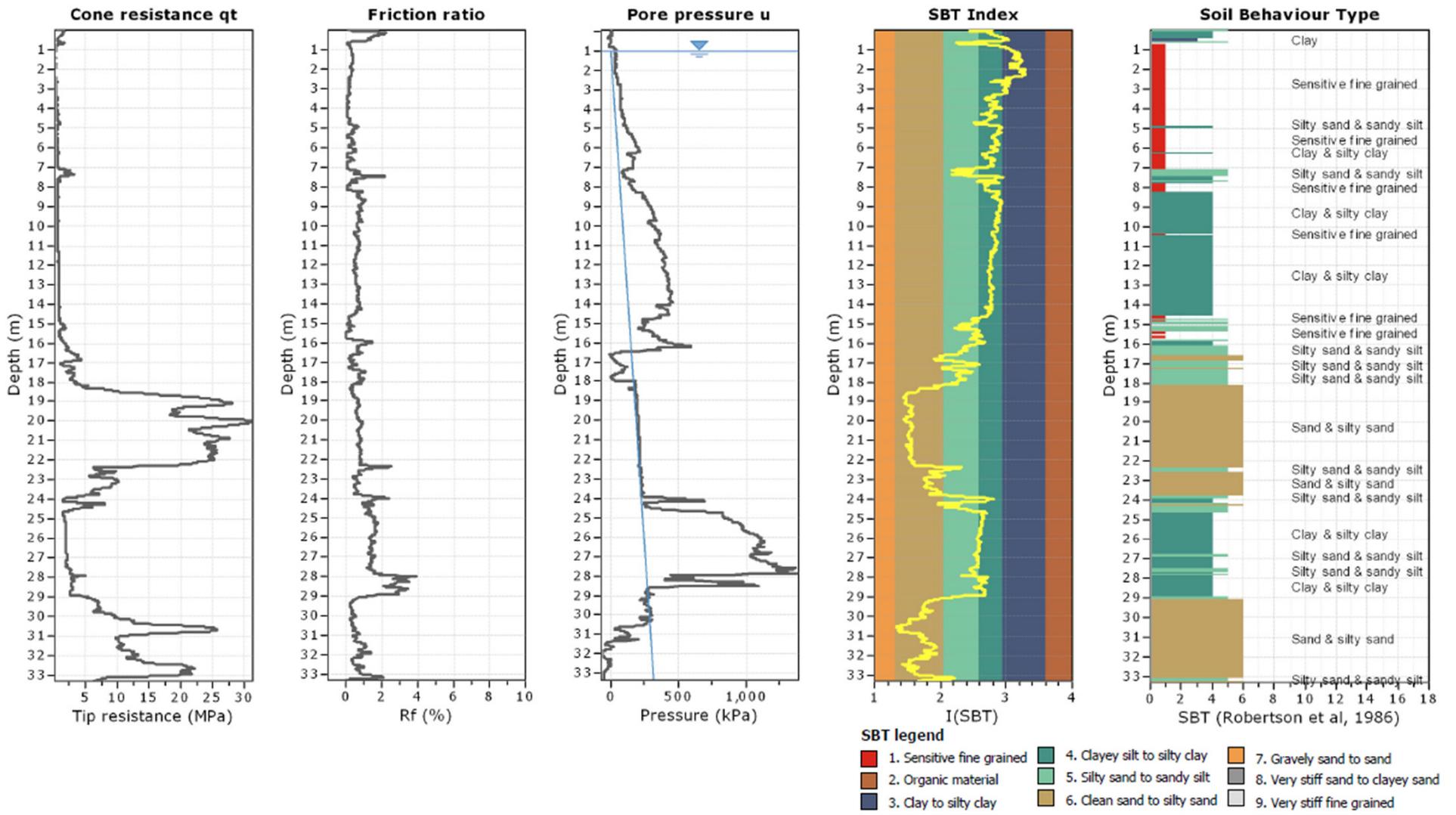
Ensaio CPTu ou SCPTu



Sedimentos litorâneos

Ensaio CPTu

Ensaio muito rápido, fácil e perfeitamente esclarecedor

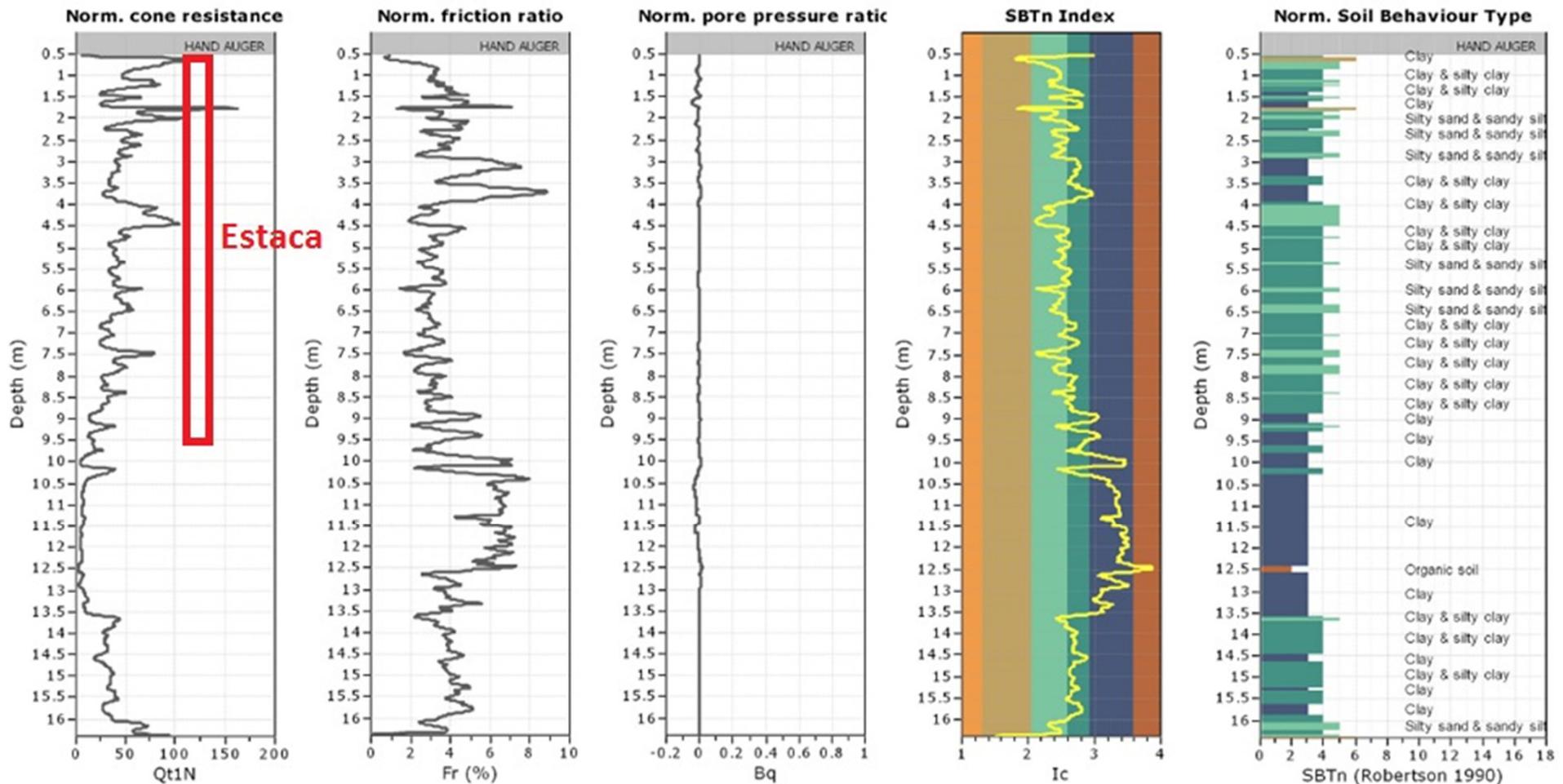


Recalque de fundação em estaca

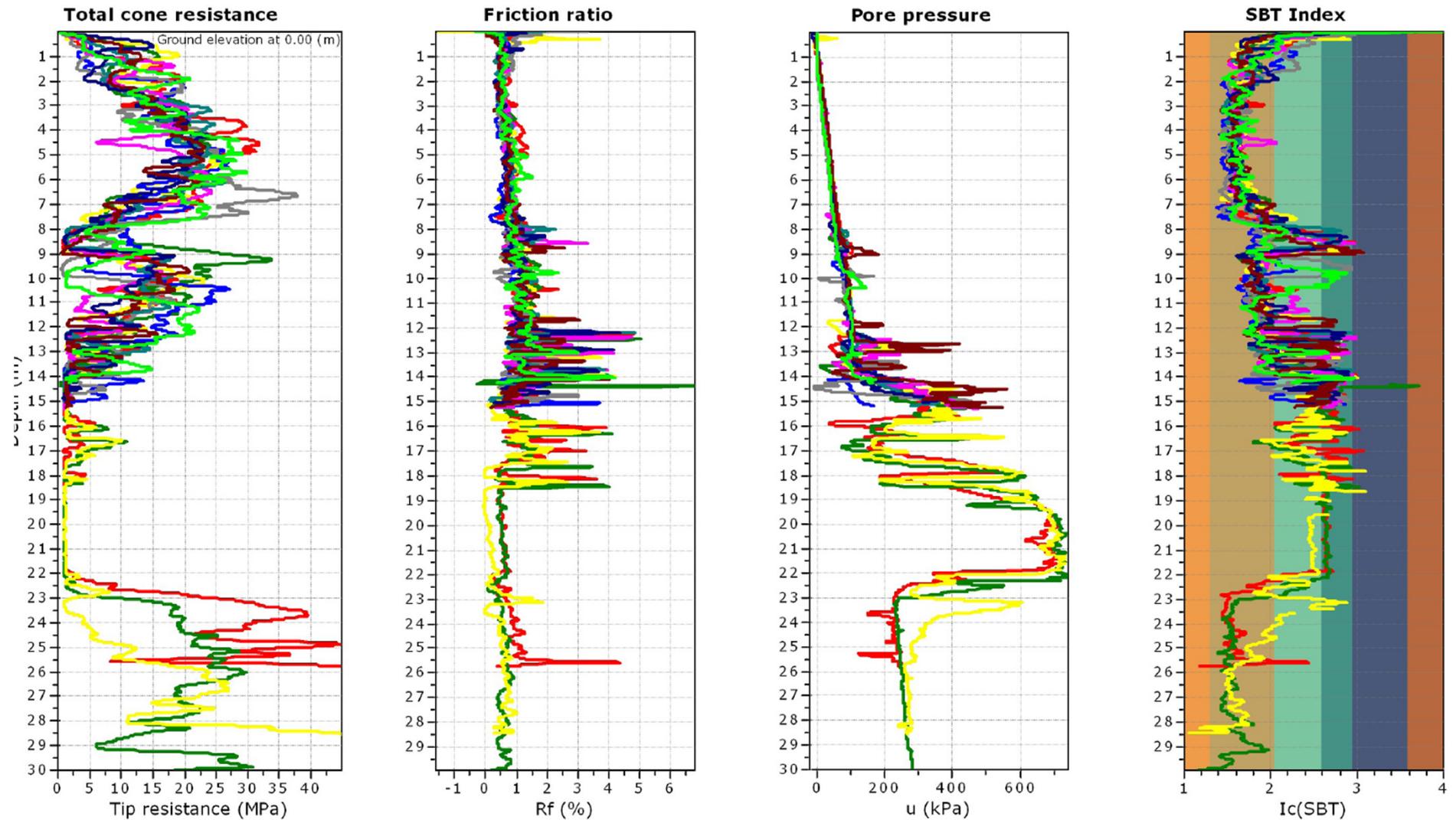
Aterro lançado sobre solo argiloso de baixa consistência

Ensaio CPTu

SINGEO 2013



Ensaio CPTu Repetitividade de resultados

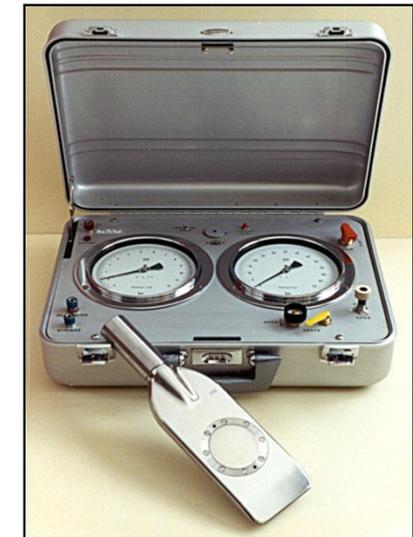
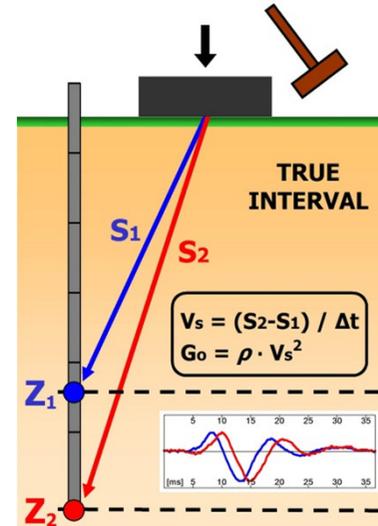
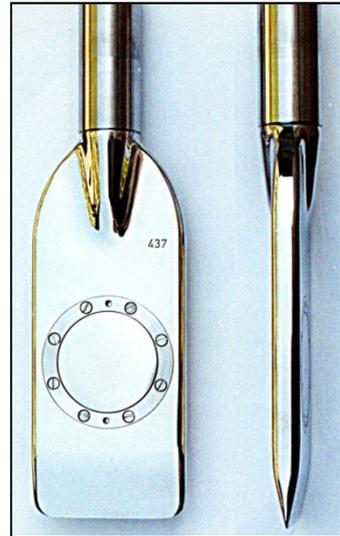


A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

SINGEO 2013

Combinação do ensaio DMT ou SDMT e ensaio CPTu

SDMT



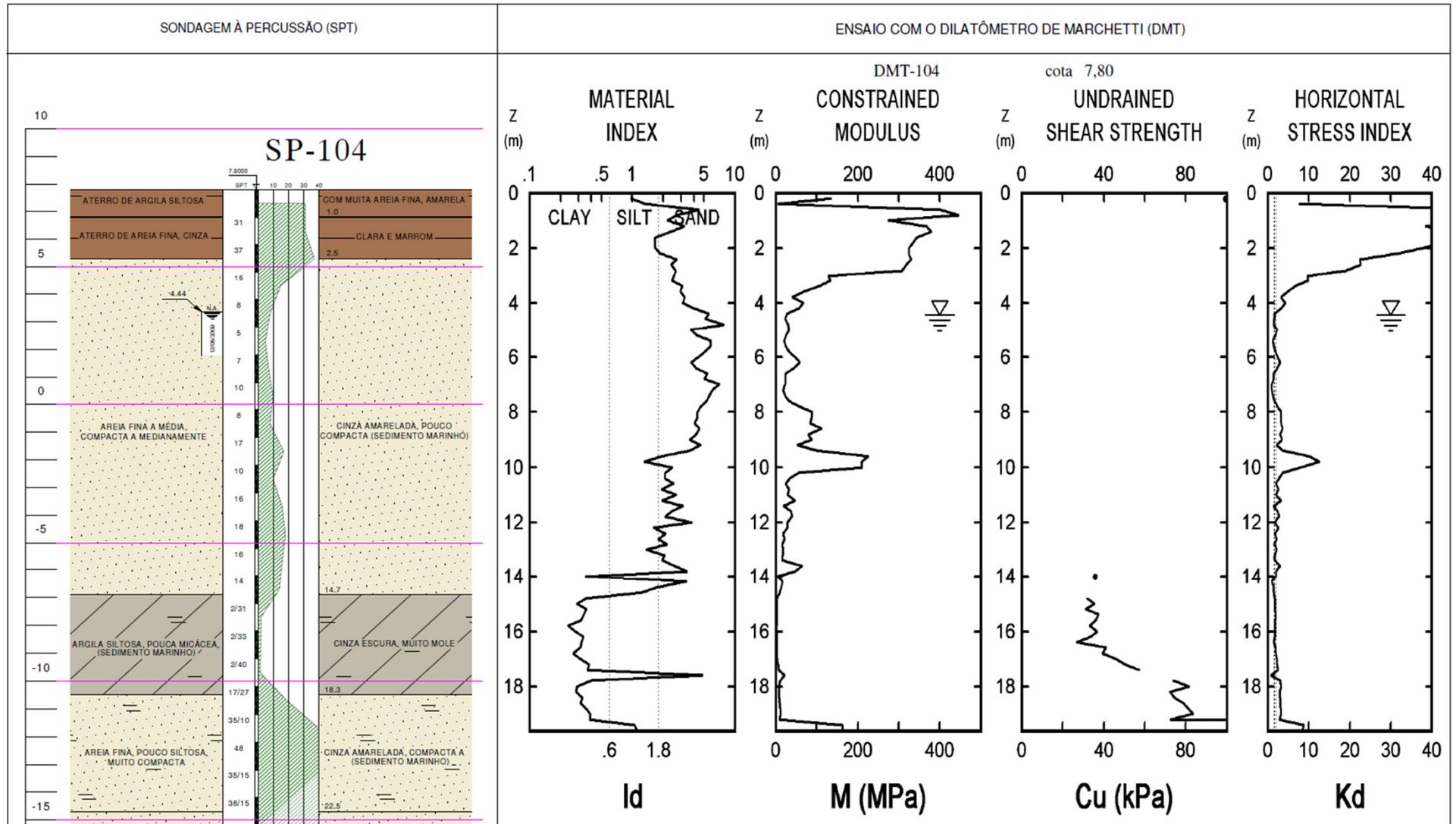
CPTu



Linhares / ES

Ensaio DMT

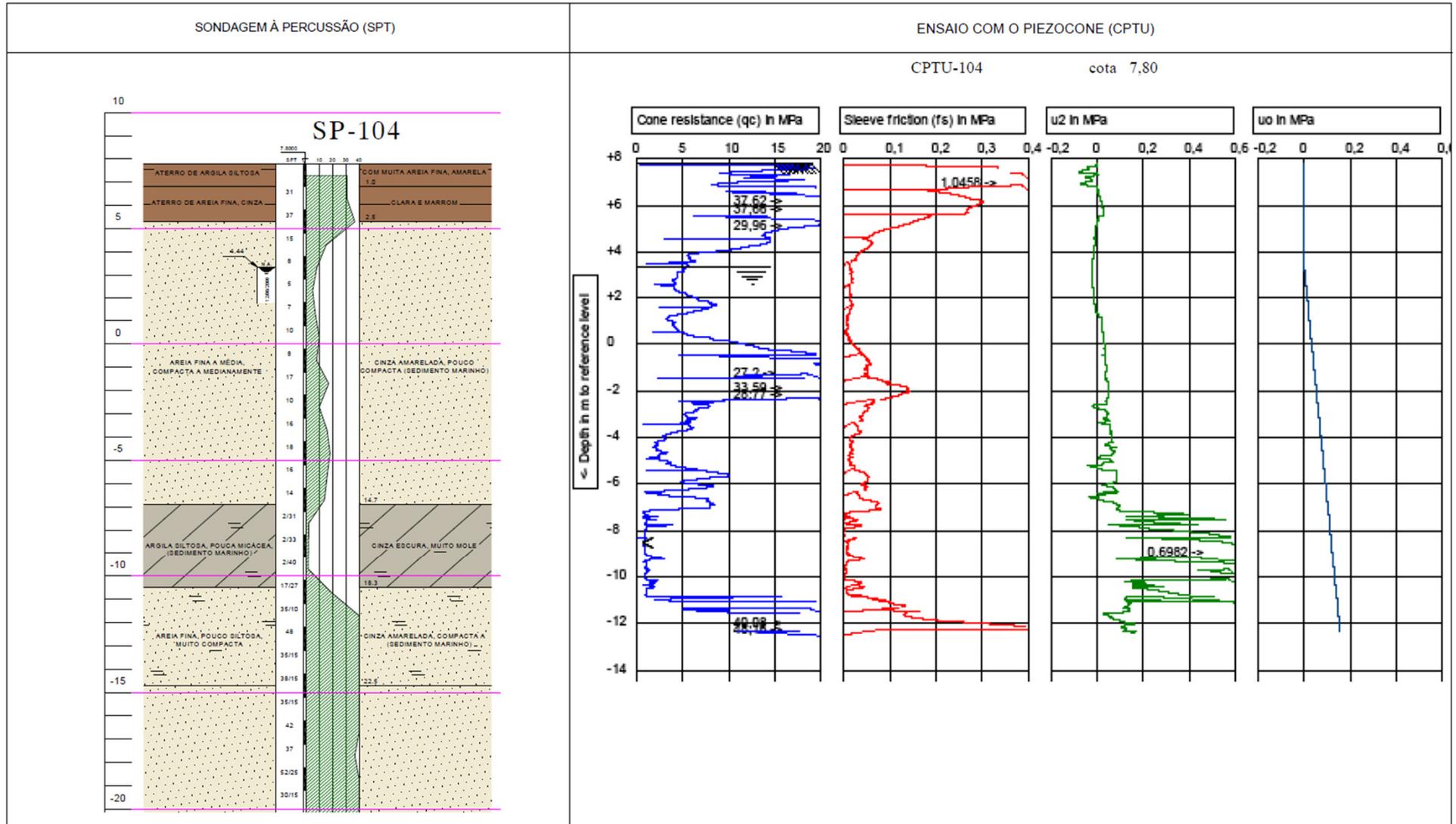
SINGEO 2013



Linhares / ES

Ensaio CPTu

SINGEO 2013

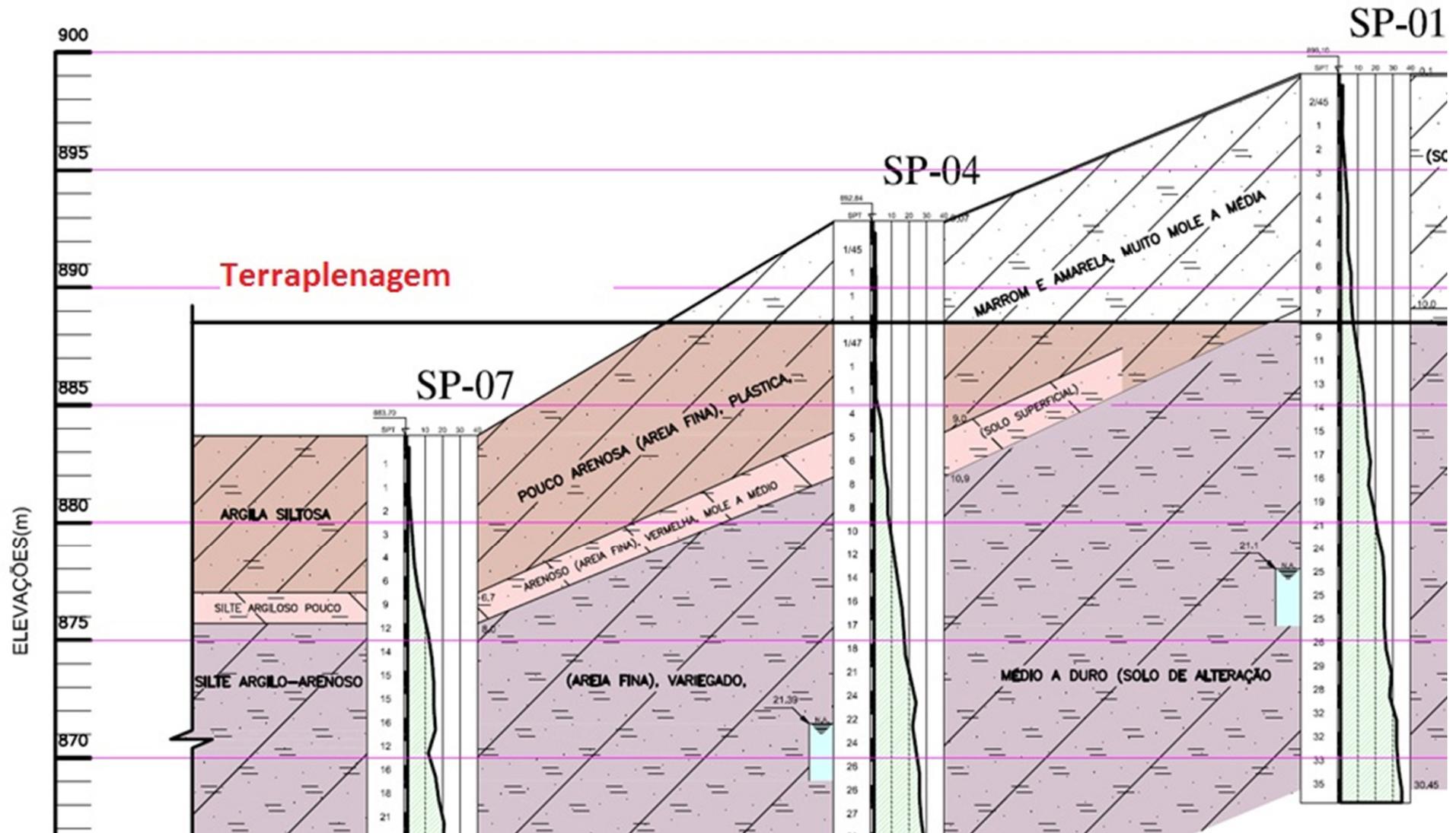


Pouso Alegre / MG

Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m²

Condicionante do horizonte superficial poroso

SINGEO
2013

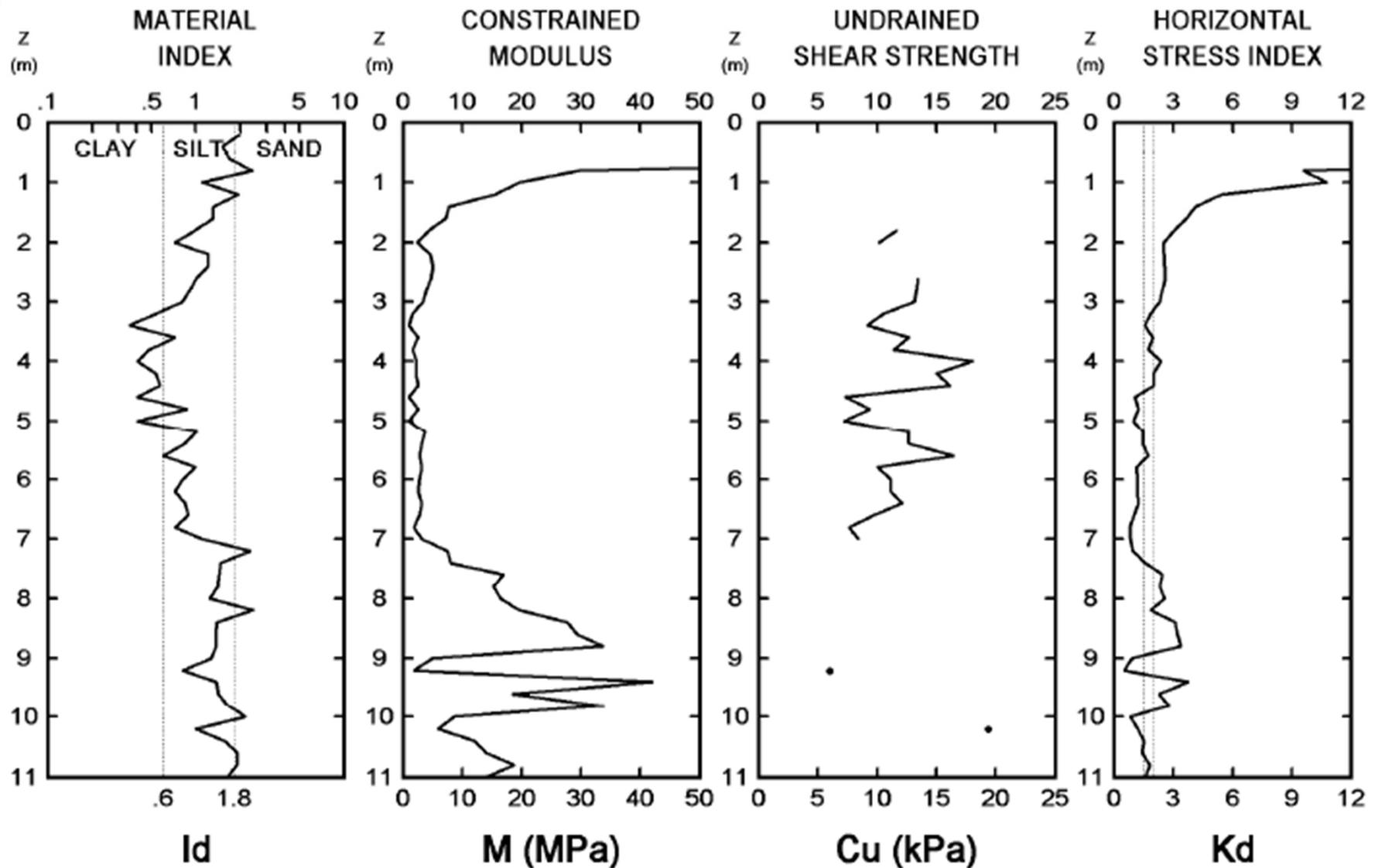


Pouso Alegre / MG

Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m²

Ensaio DMT -113 em solo natural

SINGEO
2013

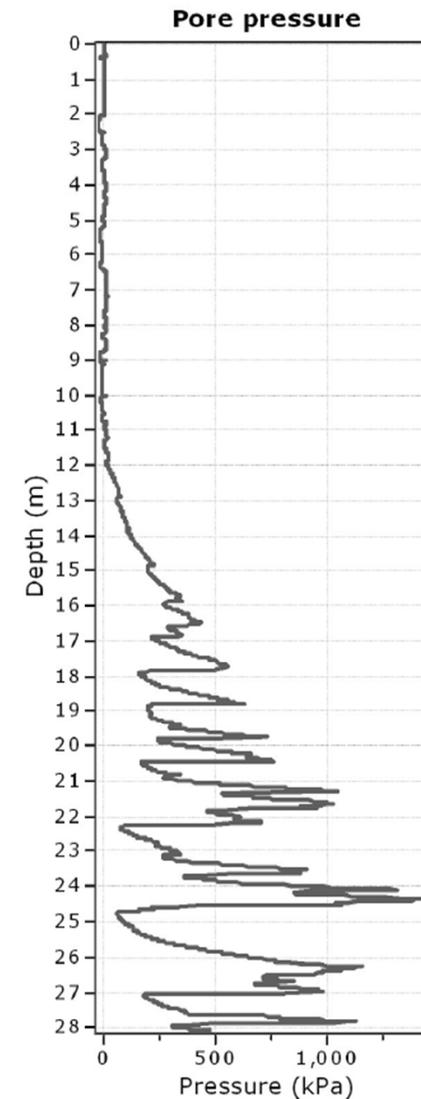
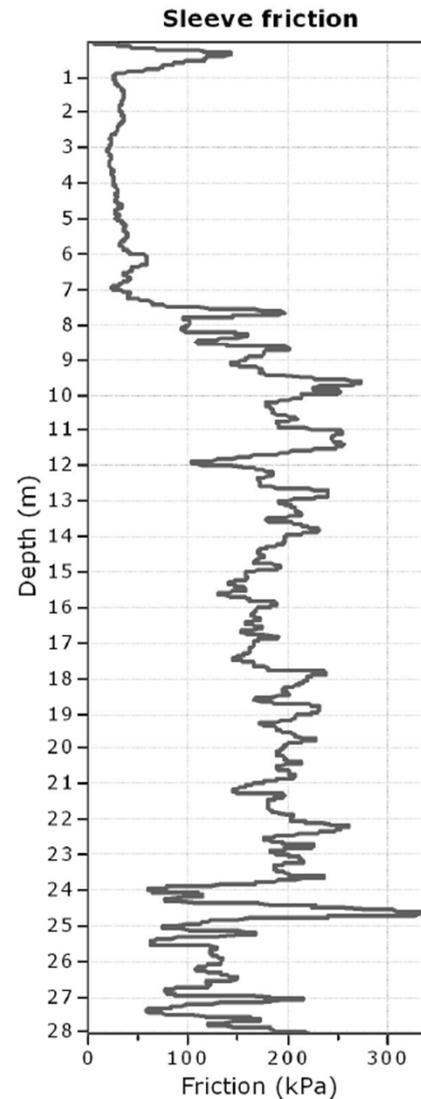
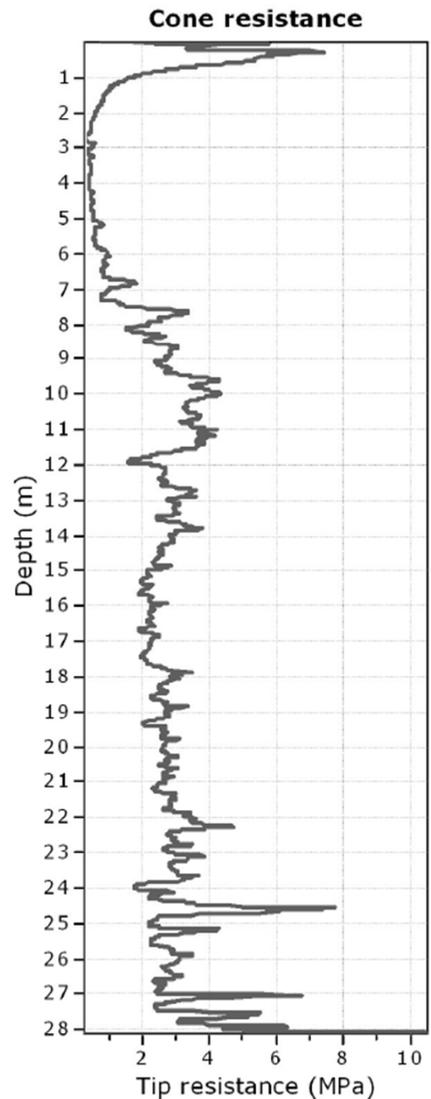


Pouso Alegre / MG

Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m²

Ensaio CPTu – 113 – em solo natural

SINGEO
2013



Pouso Alegre / MG
Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m²
Ensaio DMT – 113 – em solo natural

SINGEO
2013



Al. Rio Negro, 1105 1o andar - cj. 11
 Barueri/SP - 06454-000
 Tel./Fax: (11) 4195-8385
 e-mail: damasco@damascopenna.com.br
 www.damascopenna.com.br

Resumo de dados	
Acréscimo de pressão (tf/m ²)	1,0
Recalque total (cm)	2,0675

Calculado para uma camada de 6,0 m de solo natural

CLIENTE: DIASE					
OBRA: Rod. Fernão Dias, KM 864 - Pouso Alegre/MG					
ENSAIO: 113					
Planilha de avaliação de recalques devidos à aplicação, na superfície, de uma sobrecarga unitária distribuída					
Profundidade	Módulo edométrico	Acréscimo de pressão	Espessura da camada	Varição de espessura da camada	Recalque acumulado
(m)	(Mpa)	(tf/m ²)	(cm)	(cm)	(cm)
0,20	179,00	1,00	30,0	0,0017	0,0017
0,40	130,60	1,00	20,0	0,0015	0,0032
0,60	127,00	1,00	20,0	0,0016	0,0048
0,80	29,60	1,00	20,0	0,0068	0,0115
1,00	19,70	1,00	20,0	0,0102	0,0217

Pouso Alegre / MG

Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m²

Ensaio DMT em aterro compactado com solo local

SINGEO
2013



Al. Rio Negro, 1105 1o andar - cj. 11
Barueri/SP - 06454-000
Tel./Fax: (11) 4195-8385
e-mail: damasco@damascopenna.com.br
www.damascopenna.com.br

Resumo de dados	
Acréscimo de pressão (tf/m ²)	1,0
Recalque total (cm)	0,1567

Calculado para uma camada de 6,0 m de aterro compactado

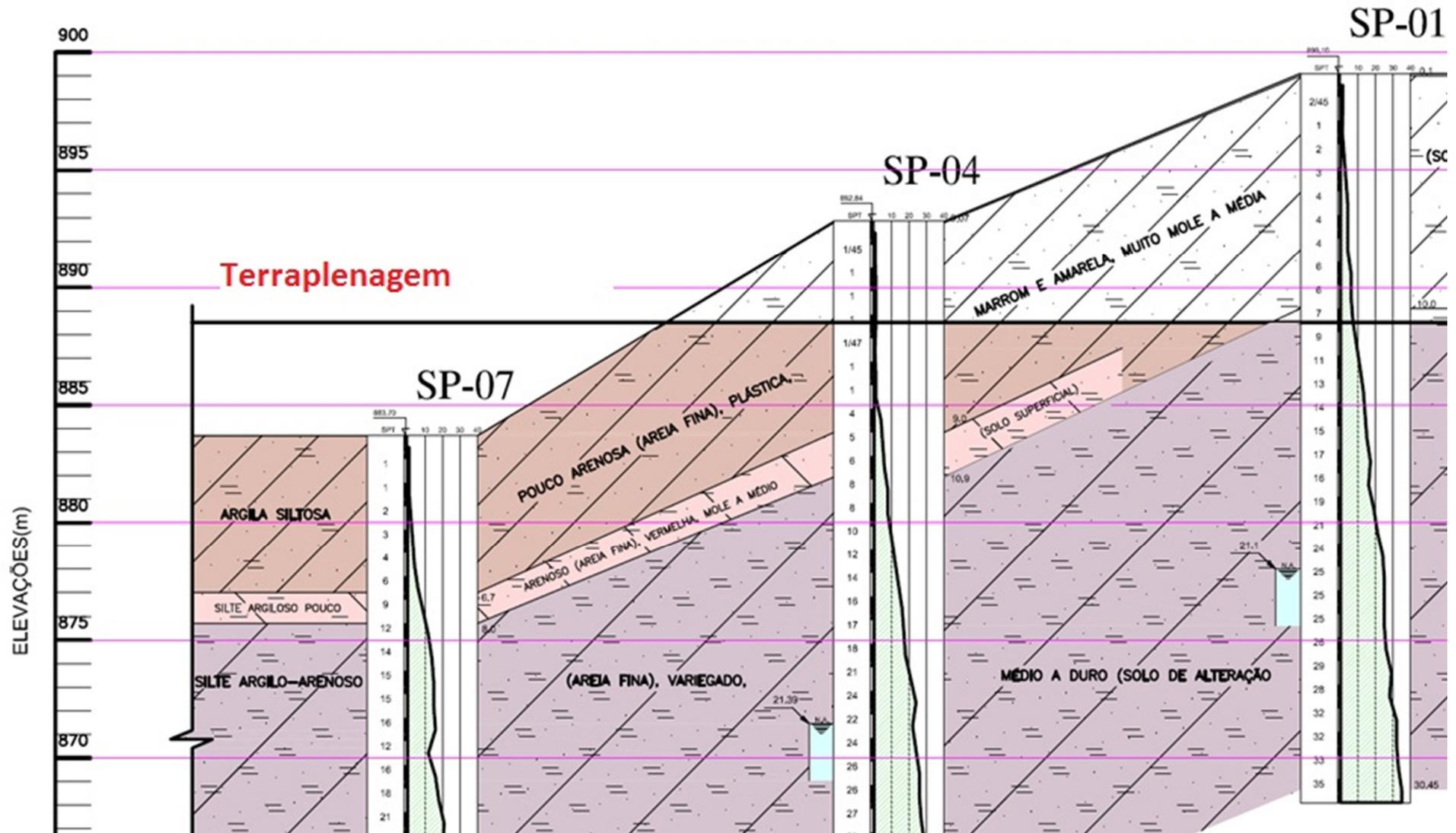
CLIENTE: DIASE					
OBRA: Rod. Fernão Dias, KM 864 - Pouso Alegre/MG					
ENSAIO: 150 ATERRO					
<i>Planilha de avaliação de recalques devidos à aplicação, na superfície, de uma sobrecarga unitária distribuída</i>					
Profundidade	Módulo edométrico	Acréscimo de pressão	Espessura da camada	Varição de espessura da camada	Recalque acumulado
(m)	(Mpa)	(tf/m ²)	(cm)	(cm)	(cm)
0,20	124,80	1,00	30,0	0,0024	0,0024
0,40	46,80	1,00	20,0	0,0043	0,0067
0,60	110,10	1,00	20,0	0,0018	0,0085
0,80	112,90	1,00	20,0	0,0018	0,0103
1,00	10,30	1,00	20,0	0,0194	0,0297

Pouso Alegre / MG

Piso de galpão de logística para 5,0 tf/m²

Condicionante do horizonte superficial poroso

SINGEO
2013

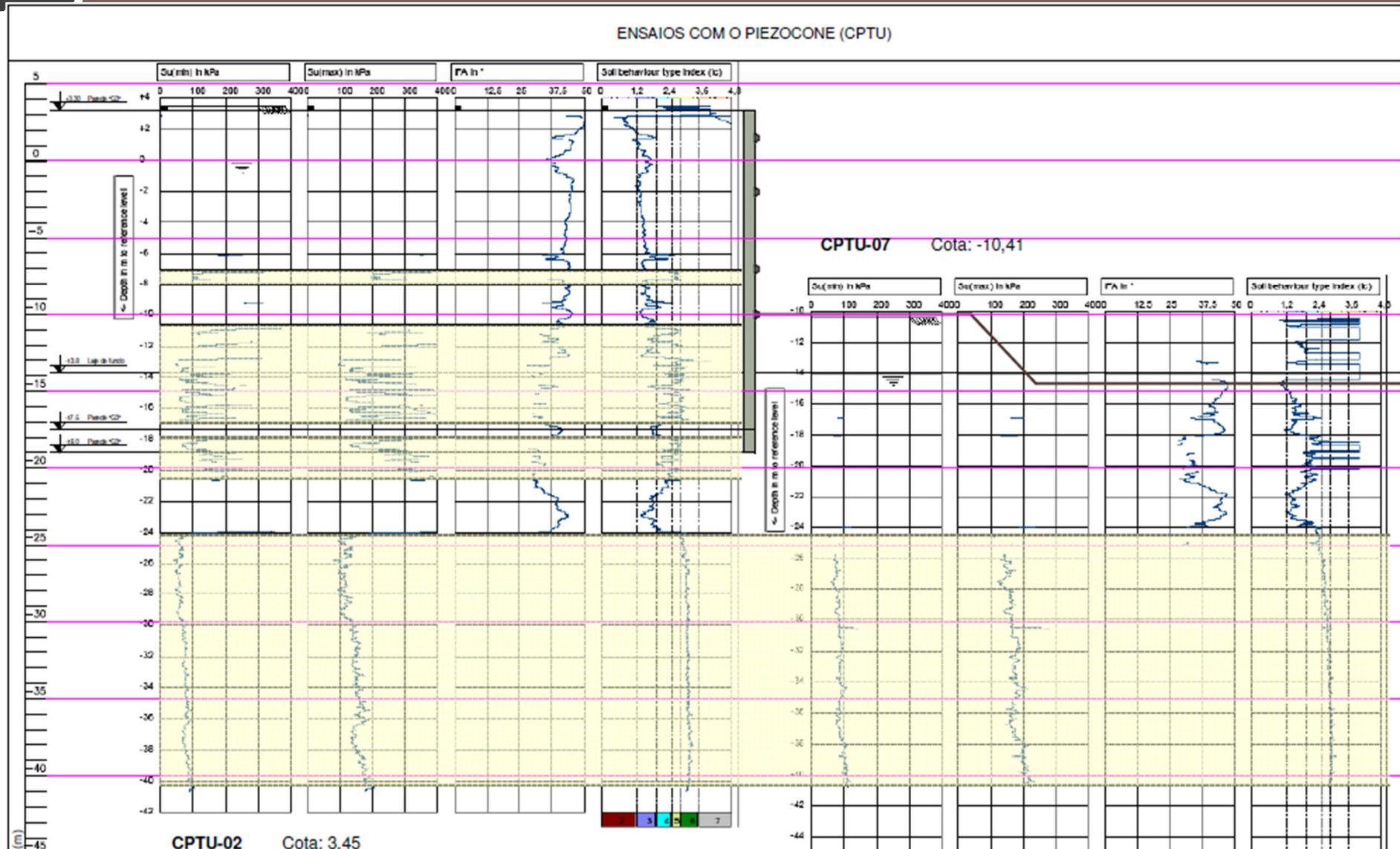


Rio Grande / RS

Estabilidade de contenção

Ensaios CPTu

SINGEO 2013



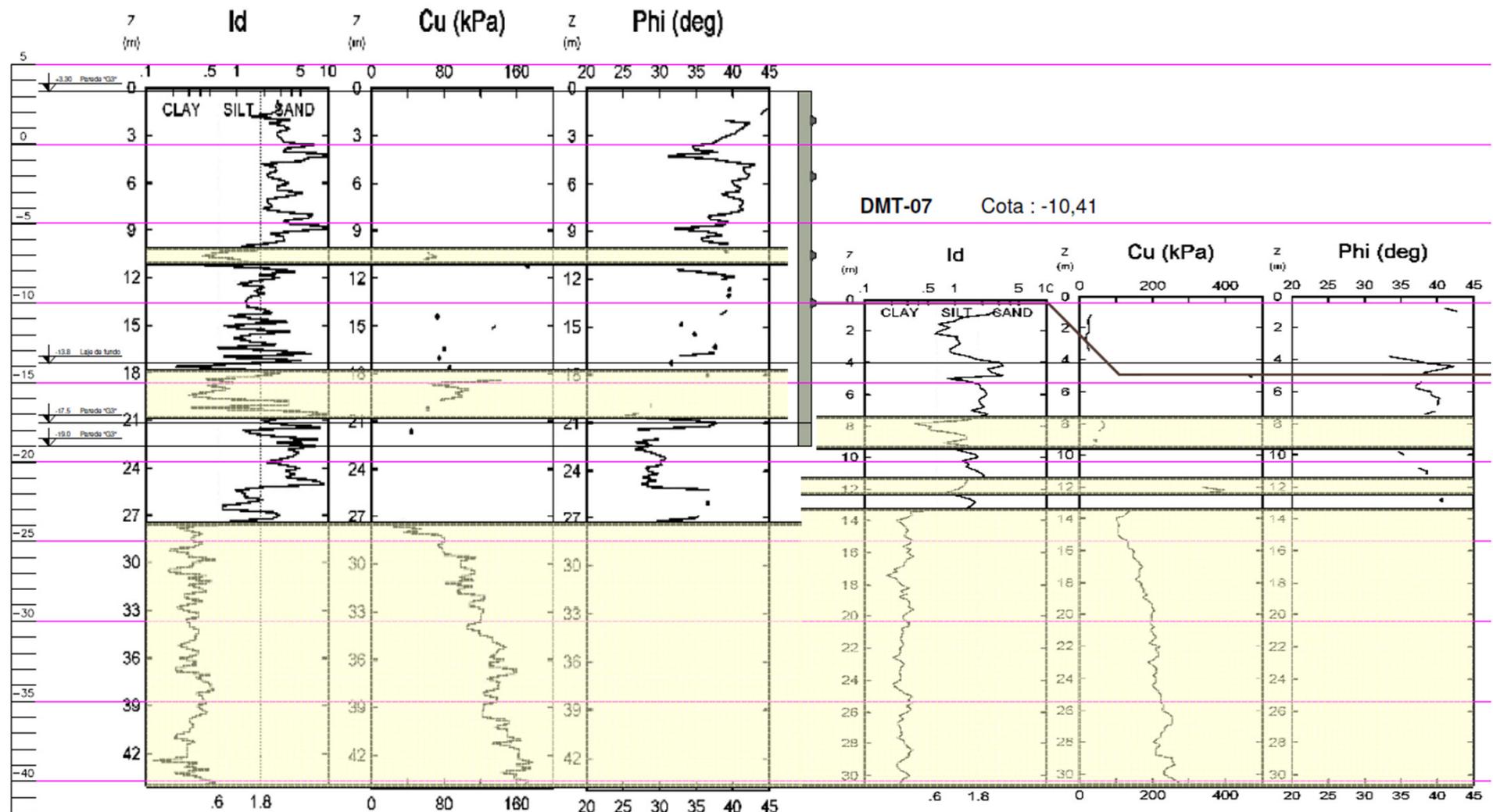
Rio Grande / RS

Estabilidade de contenção

Ensaio DMT

SINGEO 2013

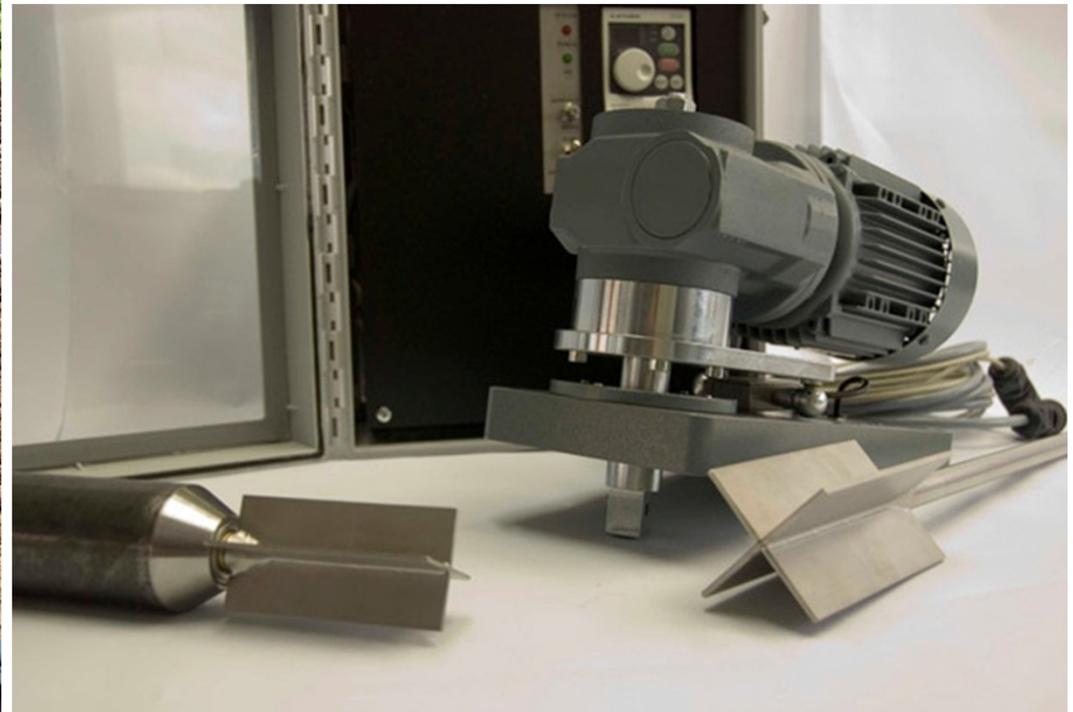
ENSAIO COM O DILATÔMETRO DE MARCHETTI (DMT)



A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

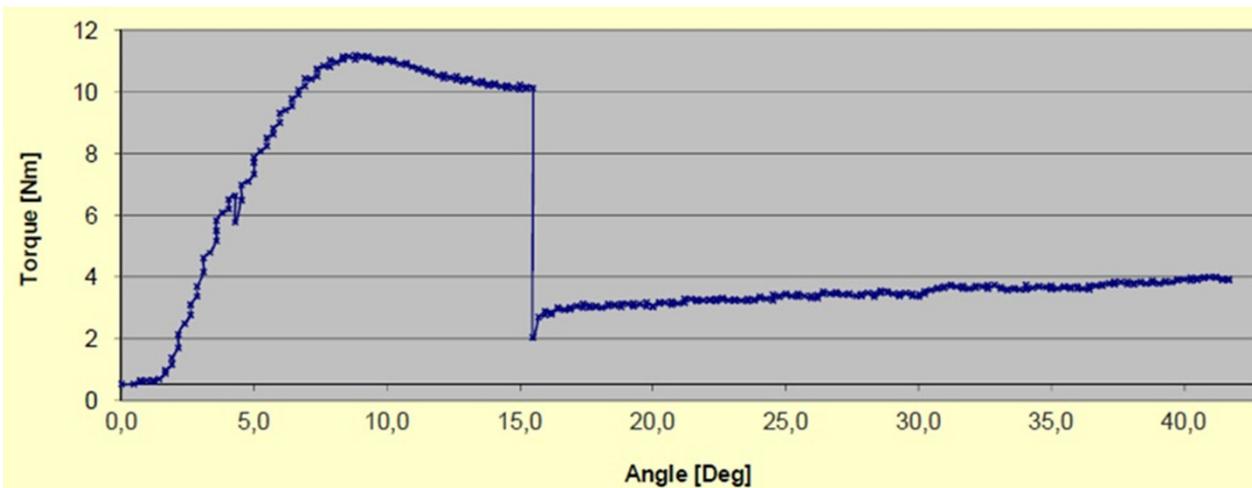
SINGEO 2013

ENSAIO VANE TEST - VST



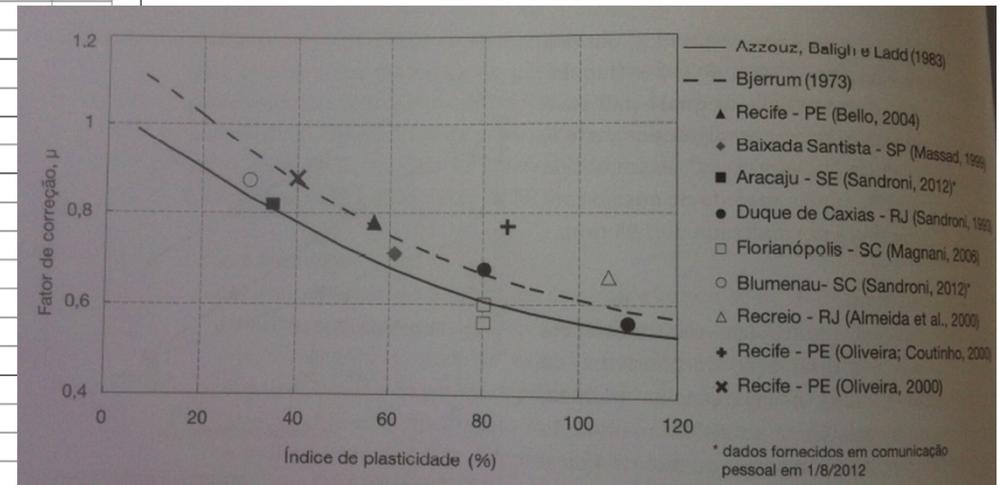
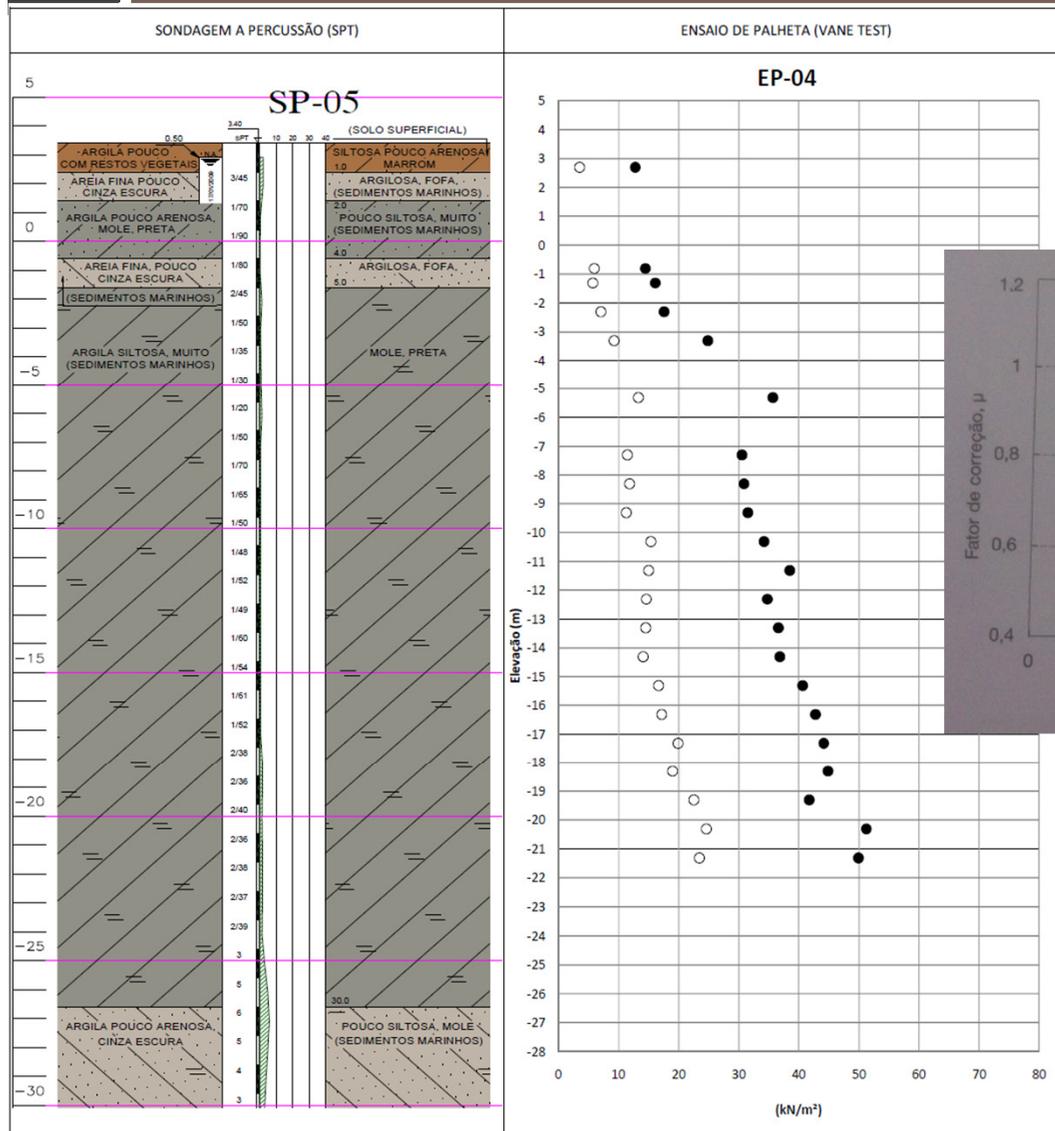
ENSAIO VANE TEST - VST

- Os equipamentos atuais são todos eletrônicos;
- Existe Norma ABNT – NBR 10.905 - Solo – Ensaio de palheta “in-situ”, que está desatualizada, descrevendo, ainda, os aparelhos mecânicos.



A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

SINGEO 2013



$$S_u (\text{corrigido}) = \mu \cdot S_u (\text{medido no ensaio})$$

PRESSIÔMETRO DE MÉNARD - MPM

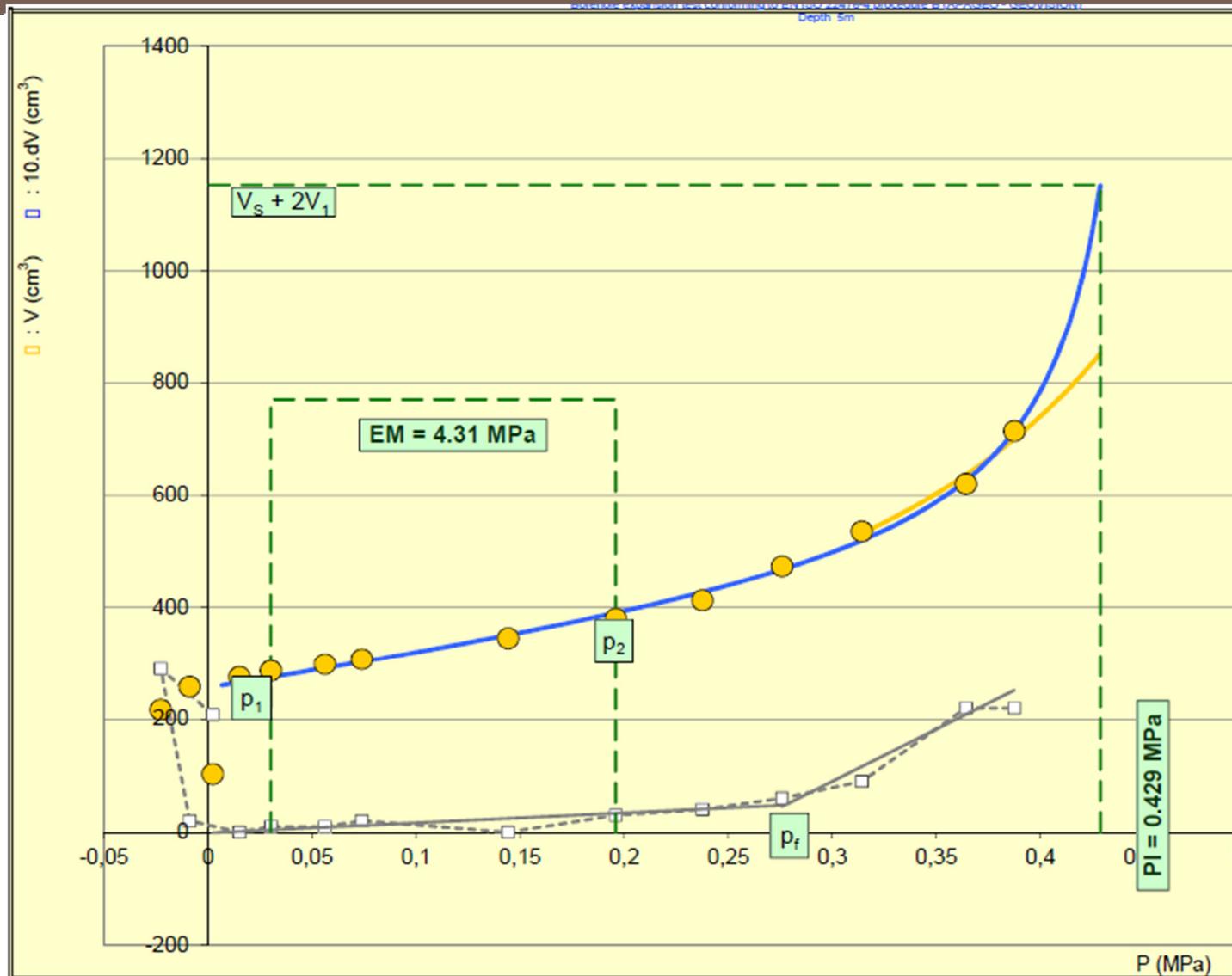
- Desenvolvido na França por Louis Ménard em 1955;
- É o único ensaio especial de campo que permite penetrar em solos de alteração de rocha;
- Permite avaliar o módulo de deformabilidade e a pressão limite.



São Paulo / SP

Ensaio com o pressiômetro de Ménard

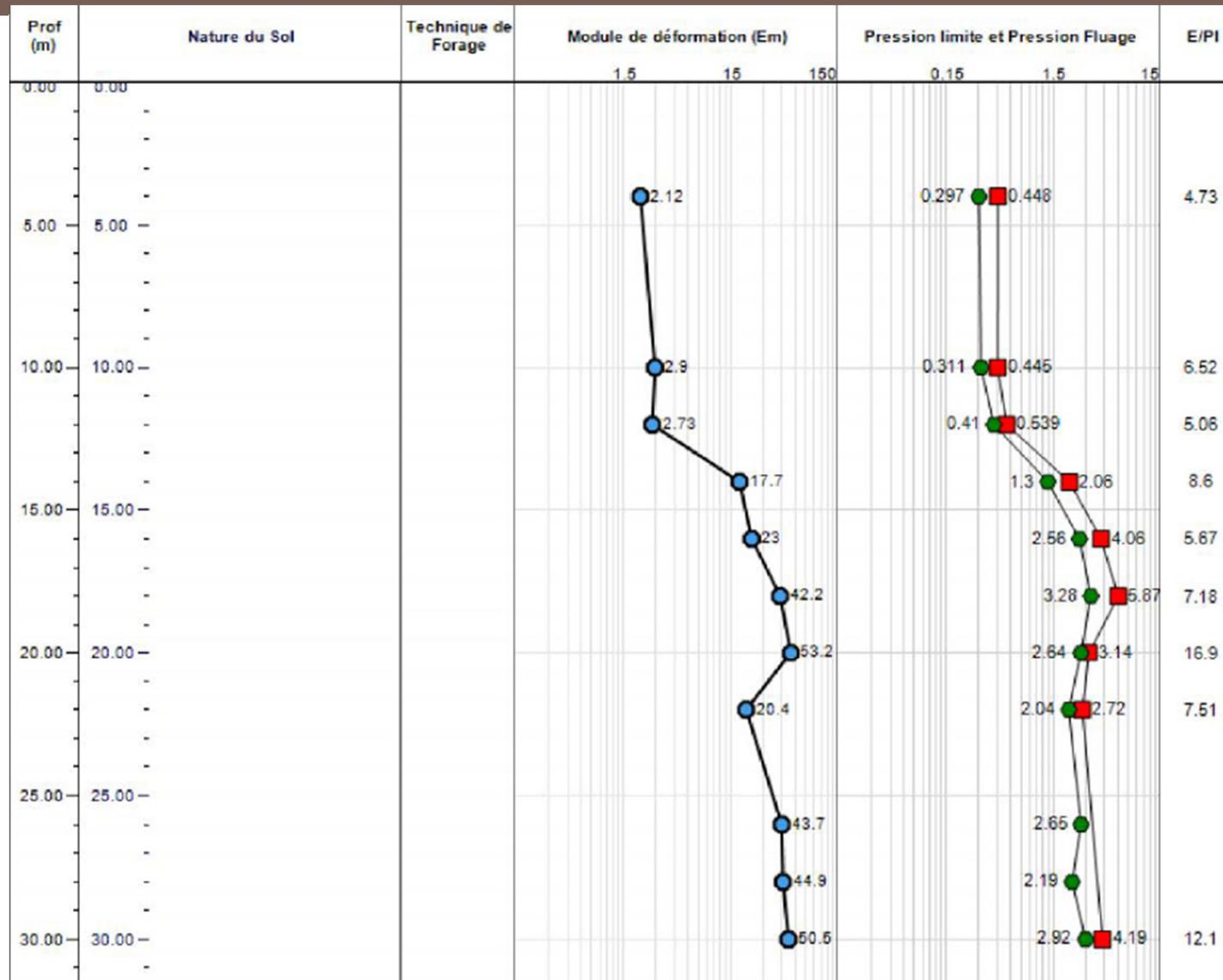
SINGEO
2013



São Paulo / SP

Ensaio com o pressiômetro de Ménard

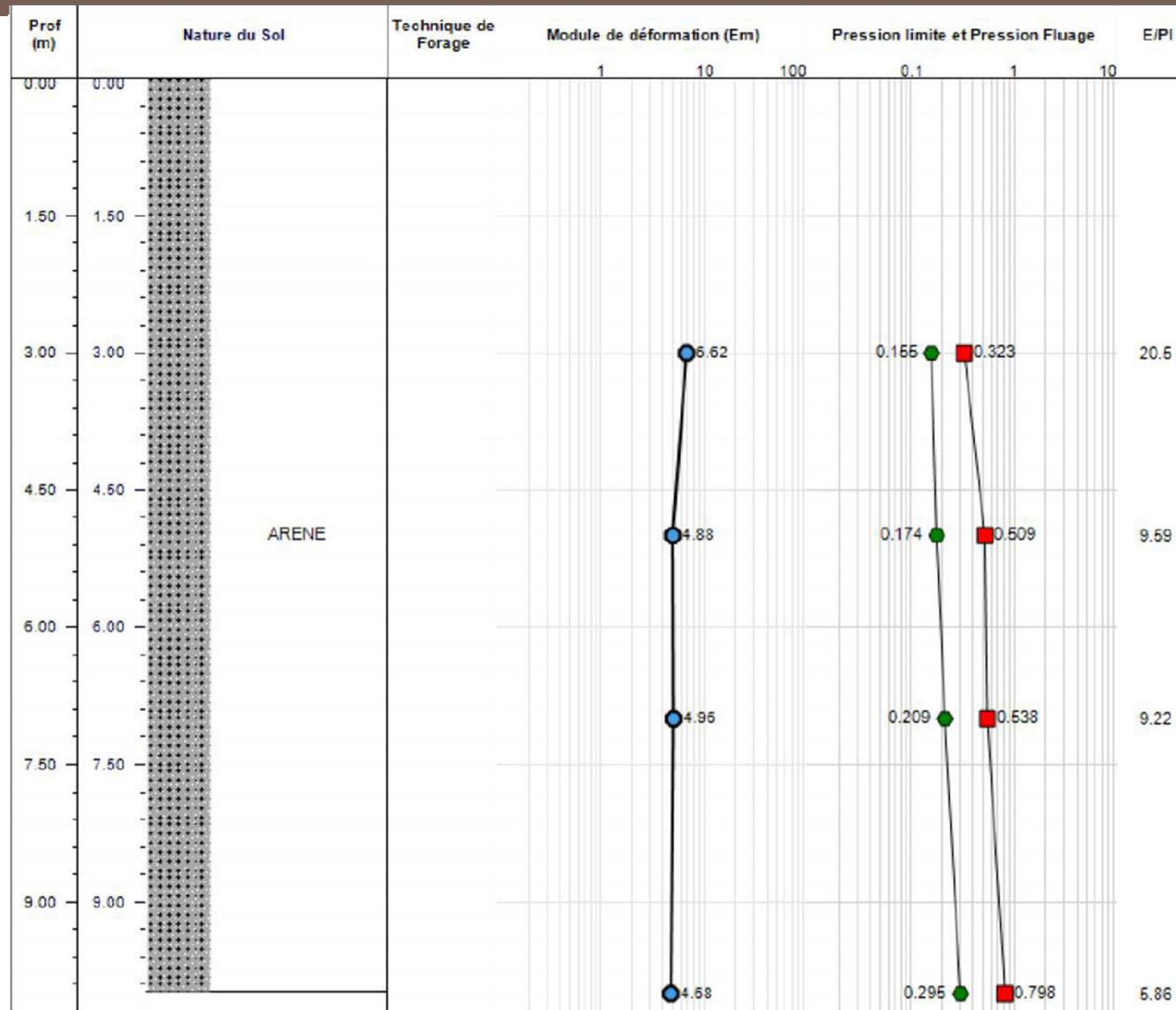
SINGEO 2013



Ceará

Ensaio com o pressiômetro de Ménard

SINGEO 2013



PROJETO E ACOMPANHAMENTO DE INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS

- Seria desejável Norma específica da ABNT;
- Caracterizar a atividade como encargo do profissional responsável pelo projeto geotécnico;
- Planejamento, acompanhamento, adaptação do plano original, complementação das investigações, até emissão de relatório geotécnico final.

TÉCNICA DE INVESTIGAÇÃO DO SÉCULO 21

CPTu + DMT +Liner + MNA
+ SPT mecânico (se necessário)

EQUIPAMENTO



Liner – Amostra integral

SINGEO
2013



Liner – Amostra integral

SINGEO
2013



MEDIDOR DE NÍVEL D'ÁGUA

SINGEO
2013

- Instalado com o mesmo equipamento, com perfuração com trado hollow auger, ou com sistema pré-fabricado inserido na perfuração de coleta do liner;
- Permite observar a posição do lençol freático por um período maior de tempo;
- Informação mais confiável.

SPT COM MARTELO AUTOMÁTICO

SINGEO
2013

- Se houver necessidade de avançar além da profundidade alcançada pelo CPTu e DMT;
- Revestimento integral com tubos hollow auger;
- Sem uso de lavagem;
- Operação mecânica (menor dependência do operador)

A maior parte dos problemas geotécnicos está vinculado à precariedade do reconhecimento do terreno e às incertezas do comportamento das camadas condicionantes.

A UTILIZAÇÃO PRÁTICA DE ENSAIOS ESPECIAIS DE CAMPO

SINGEO
2013

MUITO OBRIGADO