
MICROESTACAS AUTOPERFURANTES

CONTRIBUIÇÃO À DISCIPLINA PEF 3405

Prof. Dr. Pedro Wellington

Eng. Max Gabriel Barbosa, MSc



ESCOLA
POLITÉCNICA
DA USP



Solotrat

ABRIL/2020



Microestaca Autoperfurante

- Desenvolvida para solos moles, de baixa estabilidade para perfuração
- Pensada para agilizar o processo construtivo de estacas de menor diâmetro
 - Própria haste de perfuração é a armação da estaca
 - Estaca finalizada em menos de 10 minutos
- Baseada na estaca Ischebeck TITAN
 - A estaca utilizando aço Schedule é de 2-3 x mais acessível



Microestaca Autoperfurante

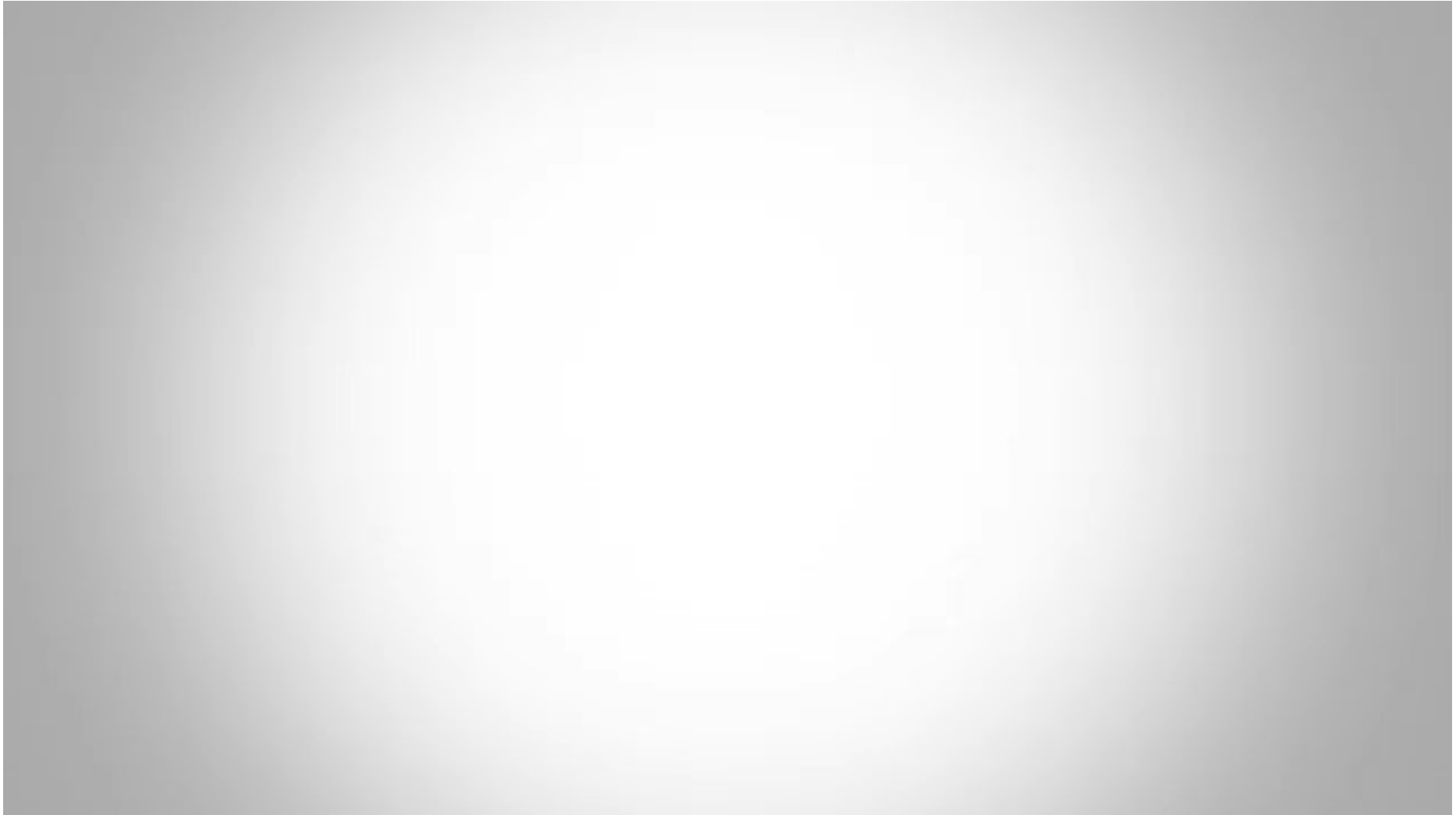
- Primeiro uso no Brasil em 1999
- Principais aplicações?
 - Aterros estaqueados
 - Torres eólicas e de transmissão
 - Pontes
 - Contenções
 - Reforços emergenciais

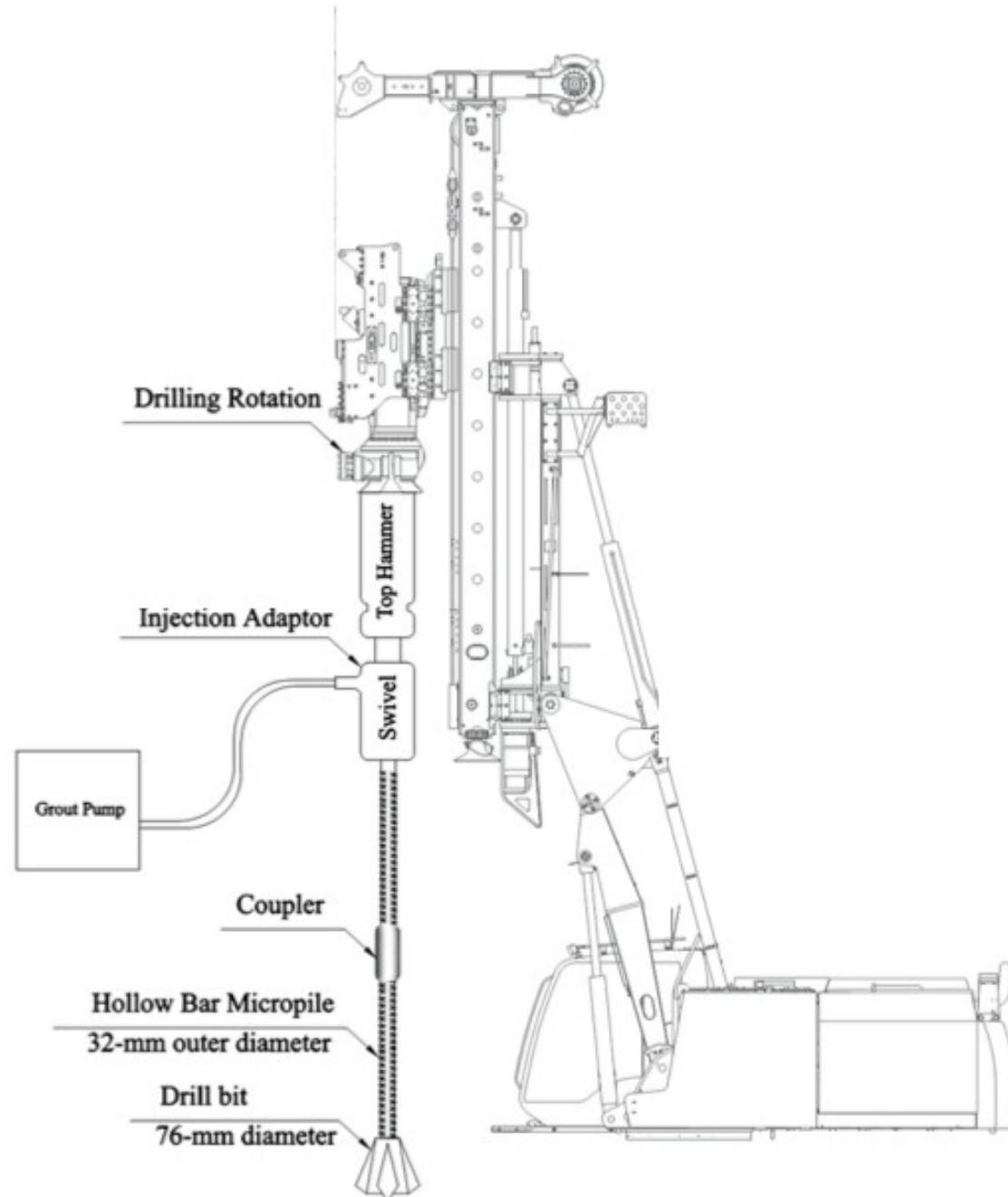


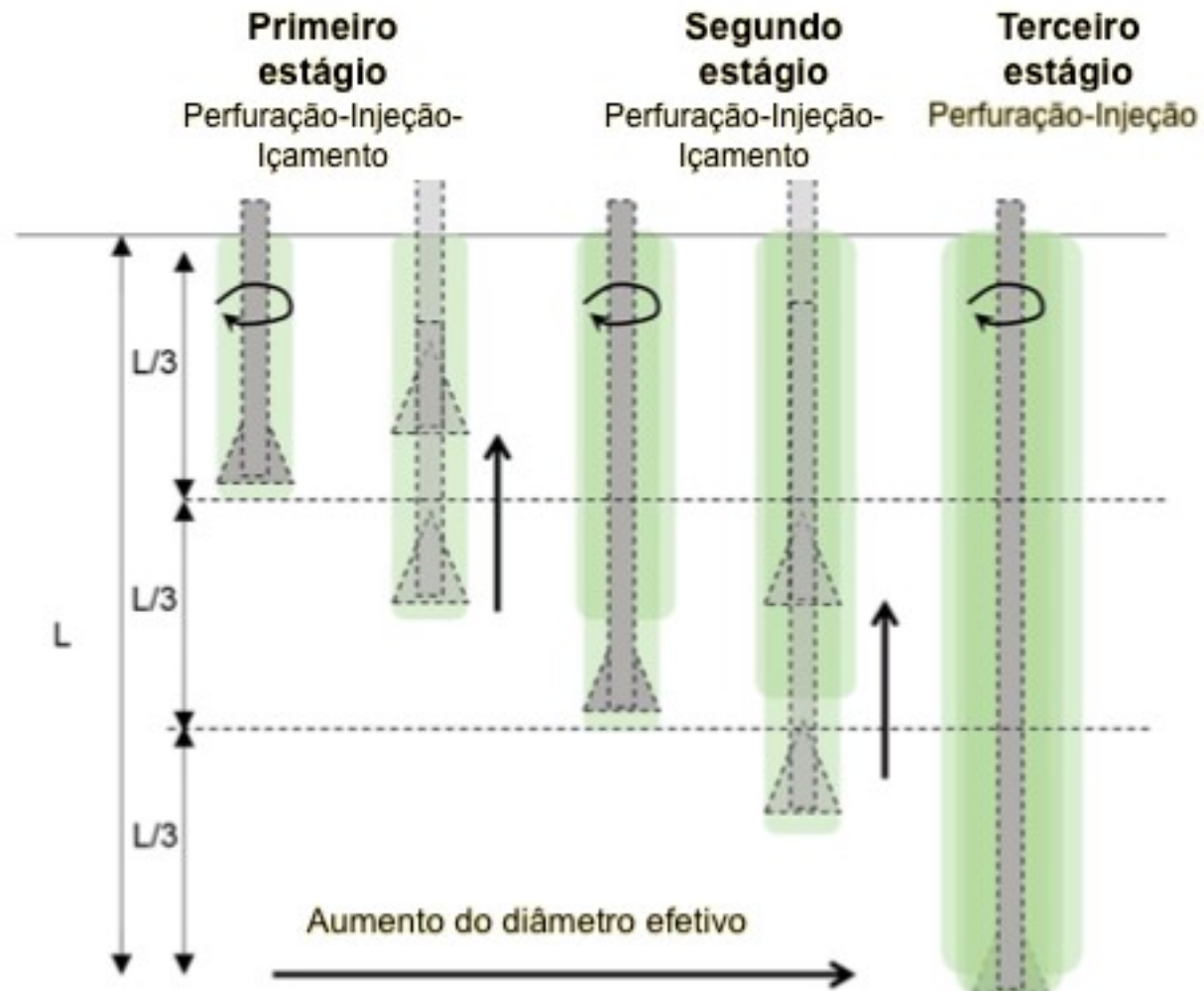
Primeira obra no Brasil – Chapadão do Sul/MS - 1999



Execução esquemática







Também chamada de Alluvial Anker ou SS Anchor







Microestacas autoperfurantes

- Poucos ruídos e vibrações
 - Perfuração rotativa
- Baixa geração de rejeitos de perfuração – menor impacto ambiental
- Possibilidade de usar tubos reaproveitáveis
 - Tubos de gasodutos da Petrobras



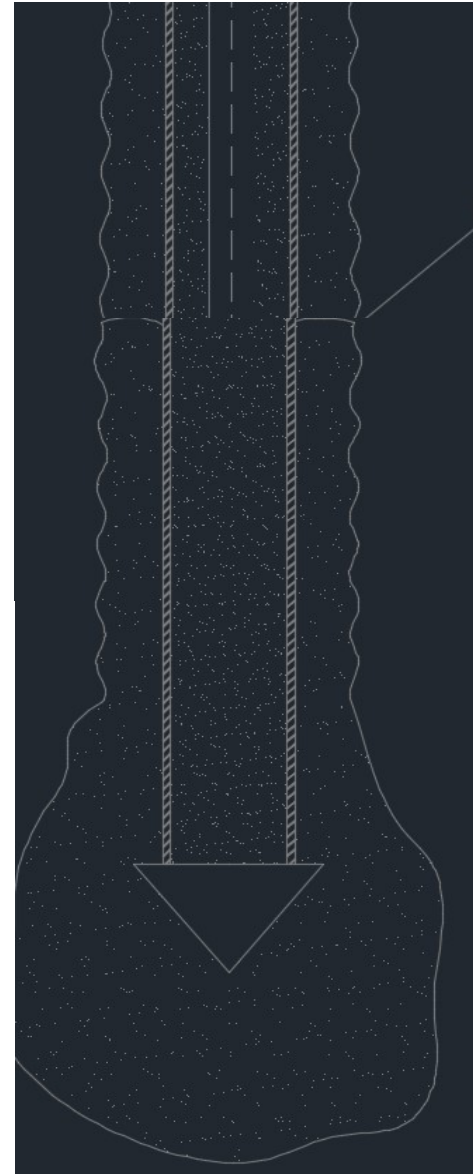
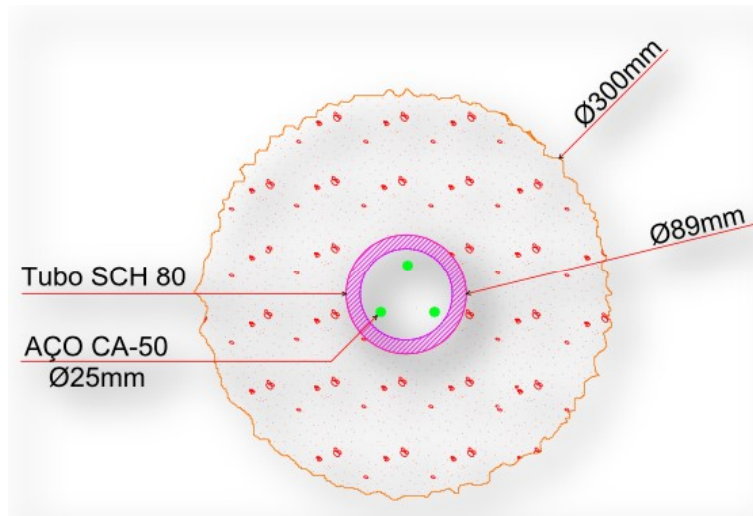


Microestacas autoperfurantes

- Técnica pode ser usada para profundidades de até 20 m em solos de $SPT < 30$
- Diâmetro de 0,15 a 0,4 m por estaca
 - Depende do solo, do bits de perfuração e da pressão de injeção
 - O diâmetro final costuma ser 1,6-2,2 vezes o diâmetro do BIT
 - Estacas teste importantes prévia à execução da obra
- Apresenta 20 a 40 tf de carga de trabalho
 - Depende do diâmetro, pressão de injeção e do solo
 - Provas de carga em estacas teste
 - Estacas injetadas 1,5 – 5 x maior atrito lateral



Seção típica





Dimensionamento estrutural

PROPRIEDADES MECÂNICAS CALDA INJETADA

Grout

- $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$; $E_{cs} = 23.800 \text{ MPa}$;
- Peso específico seco = 24 kN/m^3 .

Teórico

Tubo Mannesmann N80

- $f_{yk} = 551,58 \text{ MPa}$;
- $E = 200000 \text{ MPa}$;
- Diâmetro externo = $88,90 \text{ mm}$;
- Diâmetro interno = $76,0 \text{ mm}$.
- $f_{uk} = 758,42 \text{ Mpa}$;
- $A_s = 1670 \text{ mm}^2$.

DIMENSIONAMENTO À COMPRESSÃO DA PEÇA ESTRUTURAL

$$N_{pl,Rd} = f_{sd} \times A_a + f_{yd} \times A_s + f_{cd1} \times A_c$$
$$N_{pl,Rd} = 501,43 \times 1670,71 + 434,78 \times 942,48 + 15,18 \times (3593,98 + 21848,04)$$
$$N_{pl,Rd} = 1.633,70 \text{ kN}$$

Ensaio USP

- Resistência à ruptura na tração entre $7,7$ e $8,0 \text{ tf/cm}^2$ determinada a partir dos ensaios de tração;
- Resistência ao escoamento na tração entre $5,8$ e $7,0 \text{ tf/cm}^2$ determinada a partir dos ensaios de tração;



Dimensionamento estrutural

Força máxima (Fm): 5130,00 kgf
Tensão máxima: 776,72 MPa
Módulo de elasticidade (E): 212779,6 MPa
Tensão de escoamento (Rp 0,2%): 705,86 MPa
Força de escoamento (Rp 0,2%): 4662,0 kgf
Escoamento sob tensão 0,5%: 706,77 MPa
Escoamento sob força 0,5%: 4668,0 kgf
Área (S0): 64,77 mm²
Comprimento de medida original (L0): 50 mm
Comprimento de medida final (Lu): 59,86 mm
Alongamento percentual (A): 19,72 %
Diâmetro original (D0): 0 mm
Diâmetro final (Df): 0 mm
Relação limite de resistência / limite de escoamento: 1,10

(a)

Tubo 2 ½ polegadas



Dimensionamento estrutural

Força máxima (Fm): 6642,00 kgf
Tensão máxima: 810,24 MPa
Módulo de elasticidade (E): 217746,2 MPa
Tensão de escoamento (Rp 0,2%): 586,02 MPa
Força de escoamento (Rp 0,2%): 4804,0 kgf
Escoamento sob tensão 0,5%: 589,68 MPa
Escoamento sob força 0,5%: 4834,0 kgf
Área (S0): 80,39 mm²
Comprimento de medida original (L0): 50 mm
Comprimento de medida final (Lu): 59,83 mm
Alongamento percentual (A): 19,66 %
Diâmetro original (D0): 0 mm
Diâmetro final (Df): 0 mm
Relação limite de resistência / limite de escoamento: 1,38

(b)

Tubo 3 polegadas

Método Décourt & Quaresma

$$Q_u = \alpha \cdot K \cdot N_p \cdot A_p + U \cdot \beta \cdot \sum 10 \cdot \left(\frac{N_m}{3} + 1 \right) \cdot \Delta L$$

Onde:

α = coeficiente relacionado à resistência de ponta, tipo de solo e de estaca, conforme TABELA 2;

K = coeficiente relacionado à resistência de ponta e tipo do solo, conforme TABELA 1;

N_p = N_{spt} médio da ponta;

A_p = seção transversal da ponta da estaca;

U = perímetro da estaca;

β = coeficiente relacionado à resistência lateral, tipo de solo e de estaca, conforme TABELA 3;

N_m = N_{spt} médio ao longo do fuste;

ΔL = comprimento do fuste.

Tipo de solo	K (kN/m ²)
Argilas	120
Siltos Argilosos (solos residuais)	200
Siltos Arenosos (solos residuais)	250
Areias	400

TABELA 1 – Valores para coeficiente “K”
(Décourt & Quaresma, 1978)

Solo/Estaca	Cravada	Escavada (em geral)	Escavada (com bentonita)	Hélice Contínua	Raiz	Injetadas (alta pressão)
Argilas	1,0	0,85	0,85	0,30	0,85	1,0
Solos Residuais	1,0	0,60	0,60	0,30	0,60	1,0
Areias	1,0	0,50	0,50	0,30	0,50	1,0

TABELA 2 – Valores para o coeficiente “ α ” (Quaresma, 1996)

Solo/Estaca	Cravada	Escavada (em geral)	Escavada (com bentonita)	Hélice Contínua	Raiz	Injetadas (alta pressão)
Argilas	1,0	0,85	0,90	1,0	1,5	3,0
Solos Residuais	1,0	0,65	0,75	1,0	1,5	3,0
Areias	1,0	0,50	0,60	1,0	1,5	3,0

TABELA 3 – Valores para o coeficiente “ β ” (Quaresma, 1996)



Dimensionamento Geotécnico

$$s_r = \frac{(P_{ult}L_e)}{(A_{est}E_{est})} + \frac{D_{est}}{30}$$

s_r : Recalque de ruptura

P_{ult} : Carga de ruptura

L_e : Longitude da estaca

A_{est} : Área da seção transversal da estaca

D_{est} : Diâmetro (mm) do círculo da estaca

E_{est} : Módulo de elasticidade da estaca

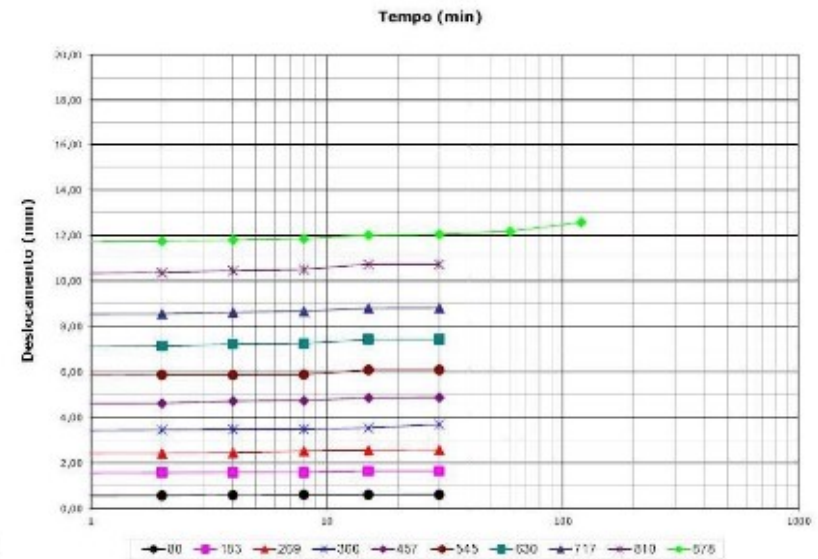
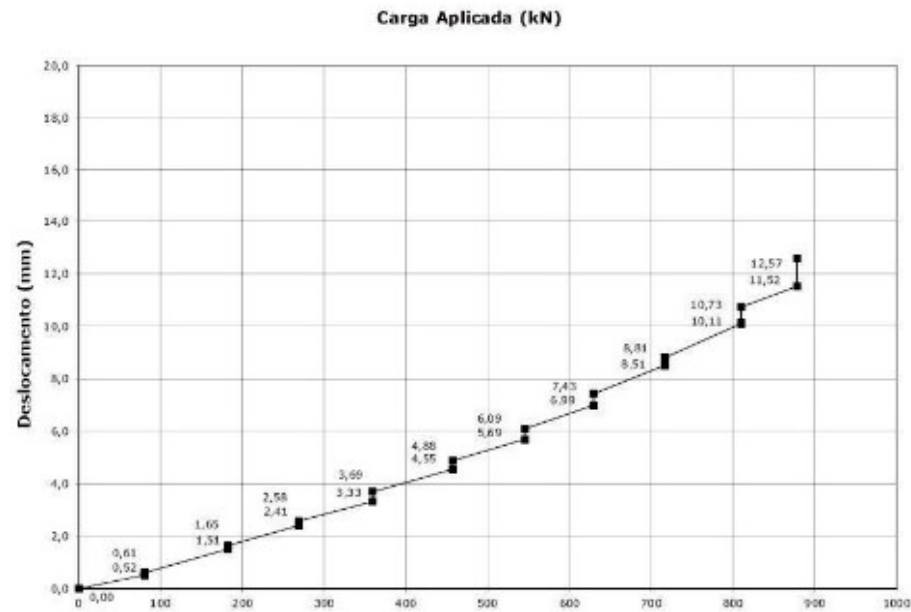
Recalque de ruptura = 25 mm ou 10% do diâmetro da estaca



Provas de carga

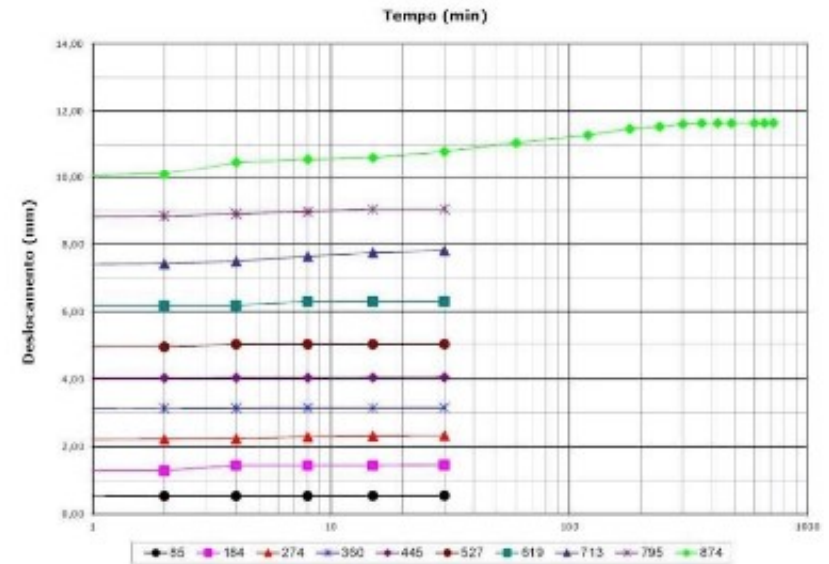
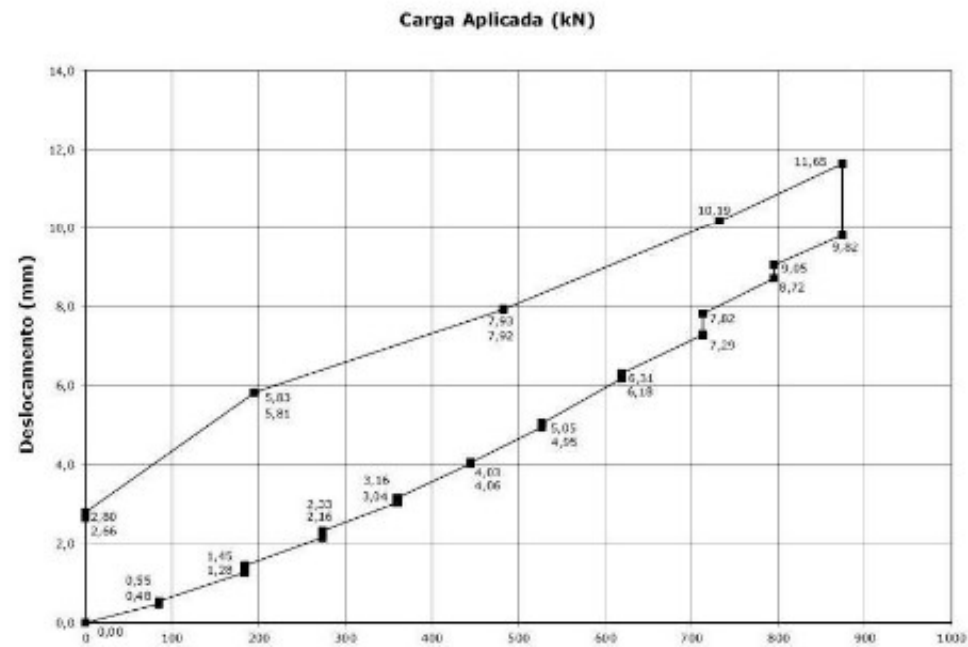
Até 105 toneladas no solo de Brasília!

ESTACAS ENSAIADAS AOS ESFORÇOS DE TRAÇÃO





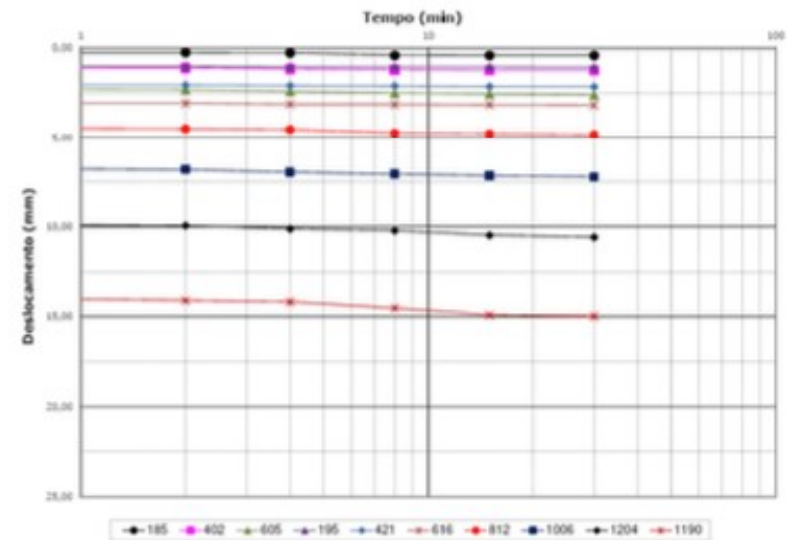
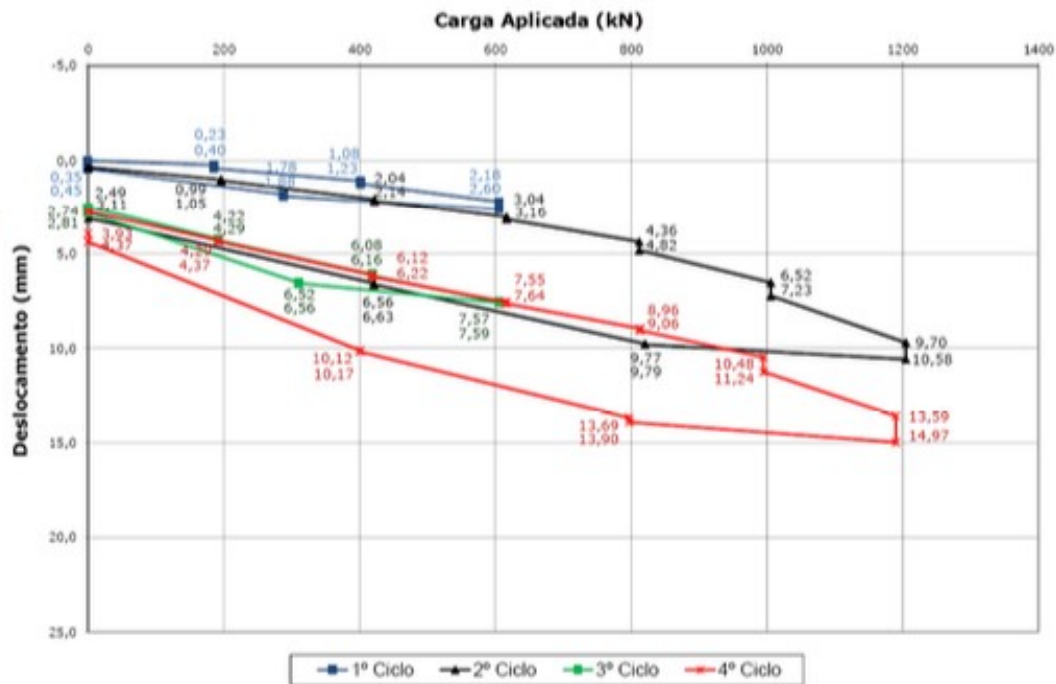
Provas de carga





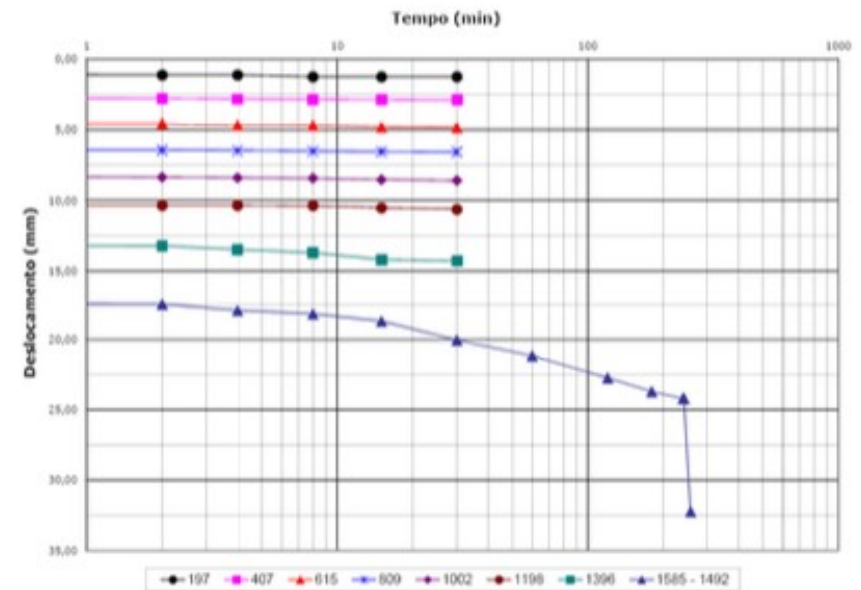
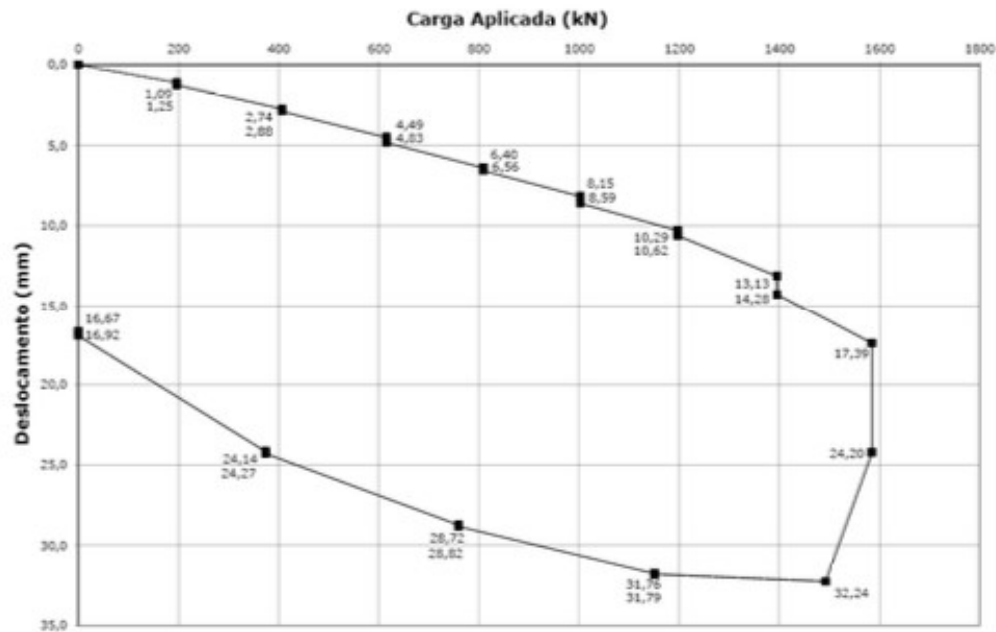
Provas de carga

ESTACAS ENSAIADAS AOS ESFORÇOS DE COMPRESSÃO





Provas de carga



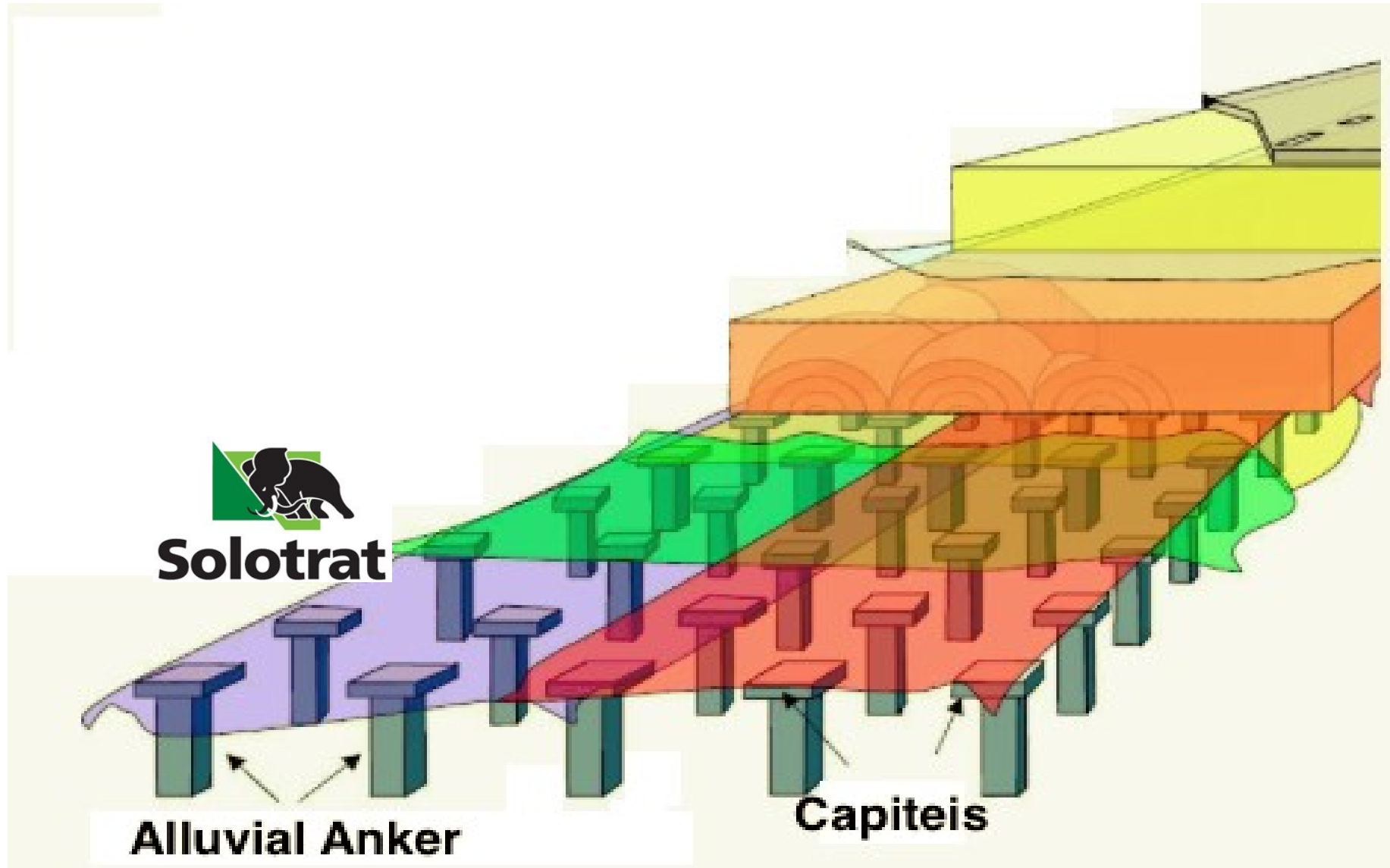
PROVA DE CARGA ESTÁTICA ET-3B – ESTÁGIOS DE CARREGAMENTO X TEMPO



PRINCIPAIS APLICAÇÕES

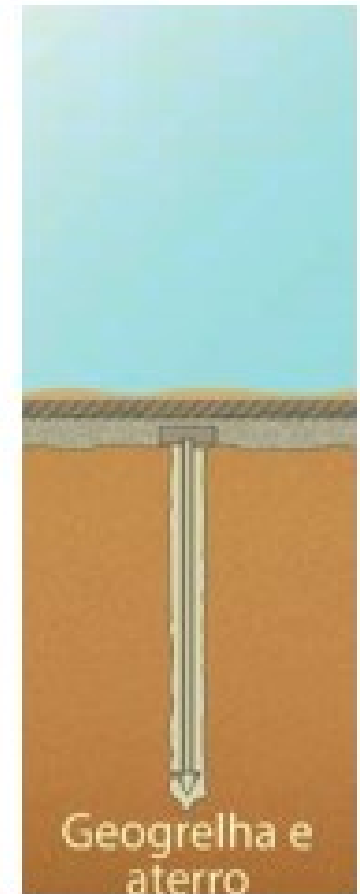
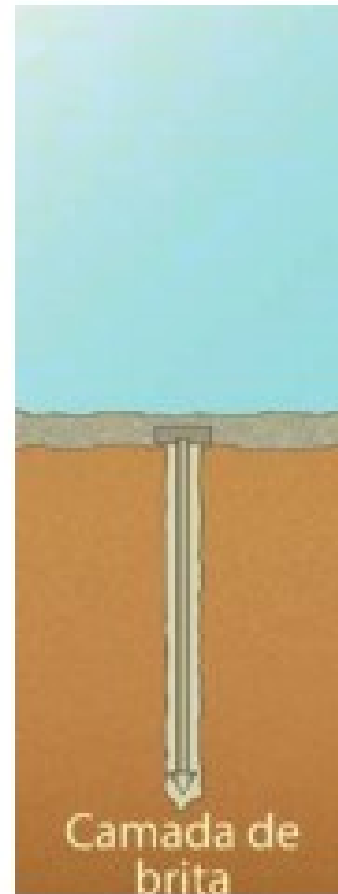
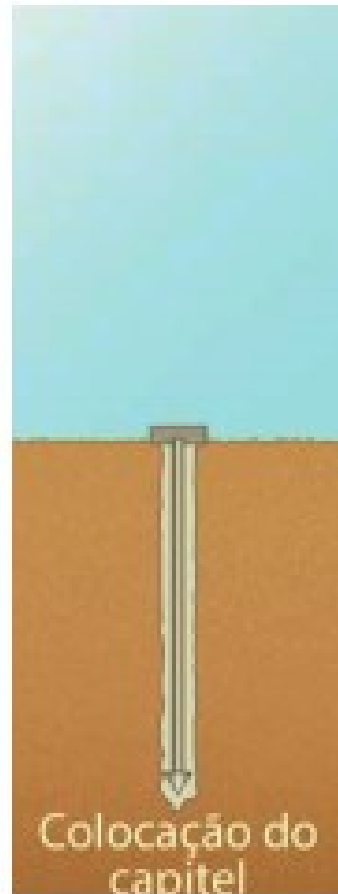
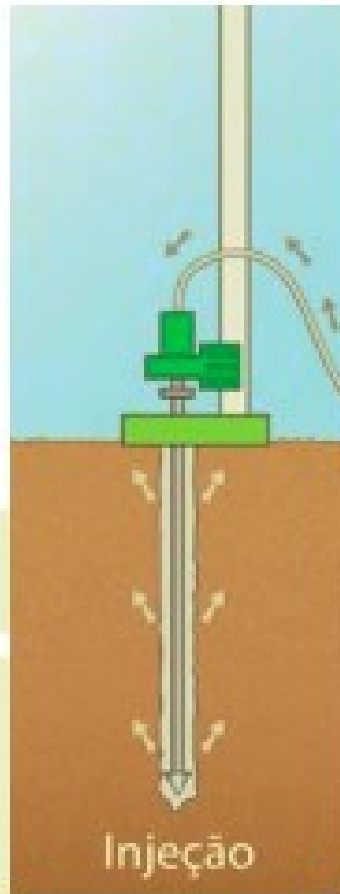
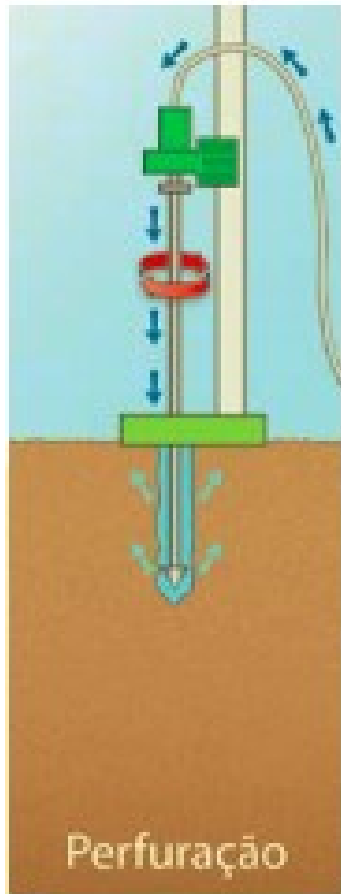


Aterros estaqueados



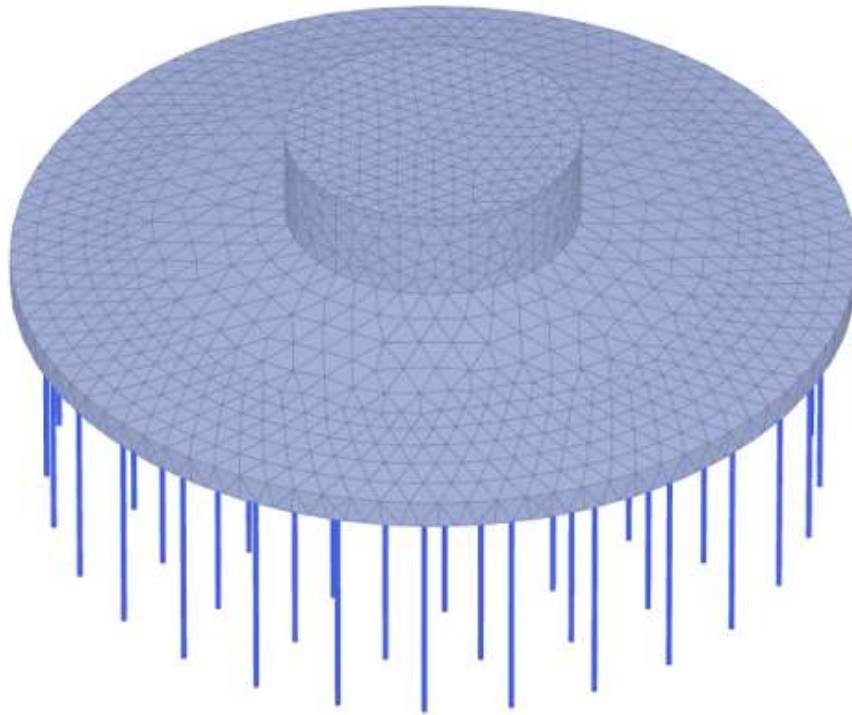


Aterros estaqueados





Torres





Torres

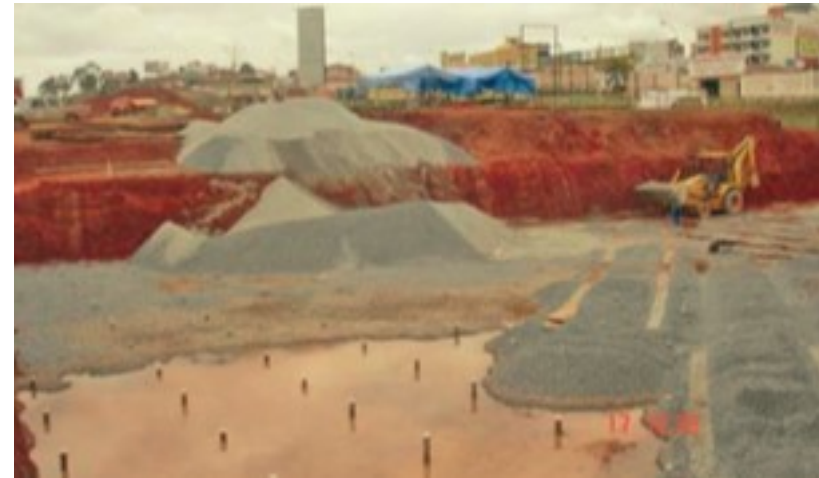




CASO DE OBRA

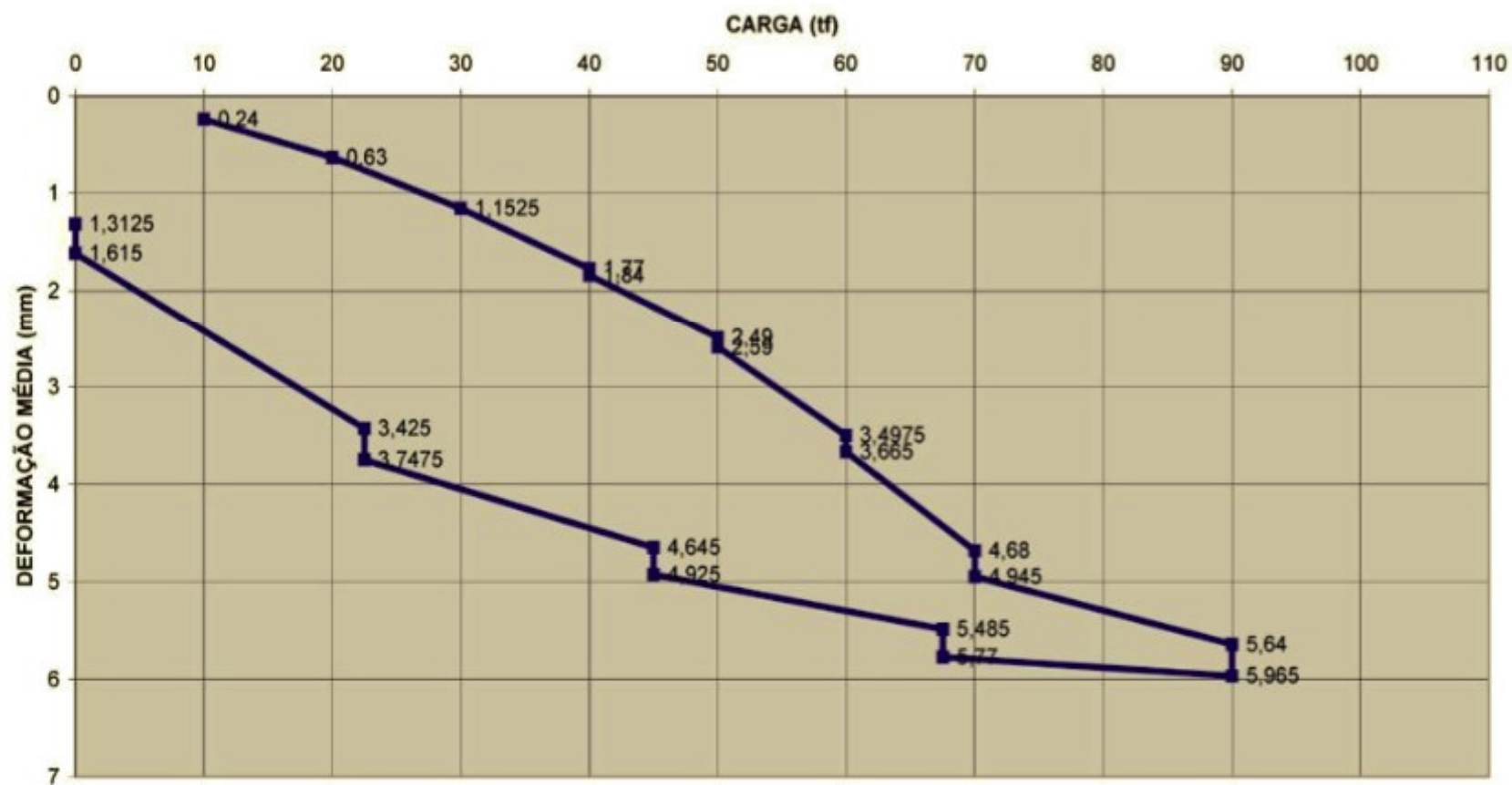


OBRA EPTG – SOLOTRAT 2008





PROVA DE CARGA A COMPRESSÃO
CURVA CARGA x DEFORMAÇÃO
ESTACA AAE5 Ø 130mm







PROJETO EPAR



Ponte

Eixo B - Área com solo mole

Eixo A - Área com solo mole

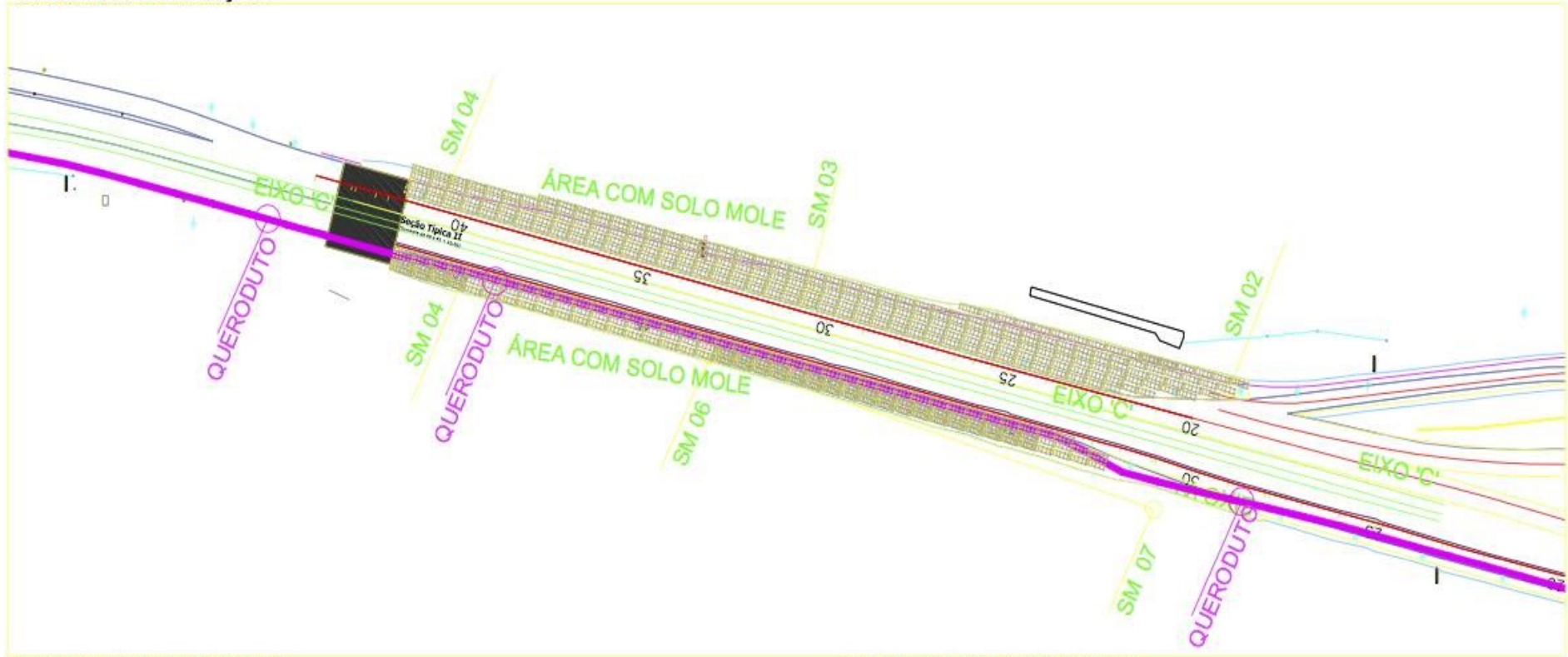
Queroduto

Image © 2017 DigitalGlobe

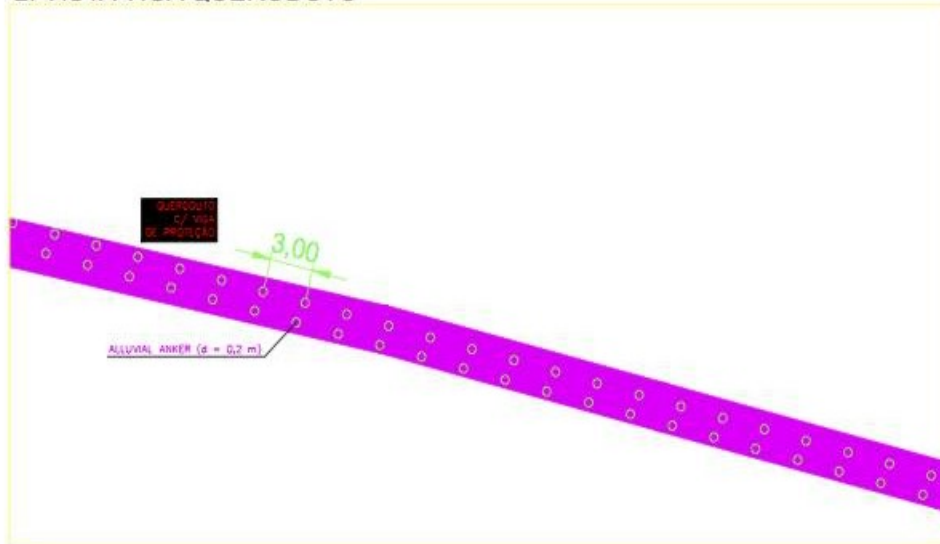
Google earth

135 m

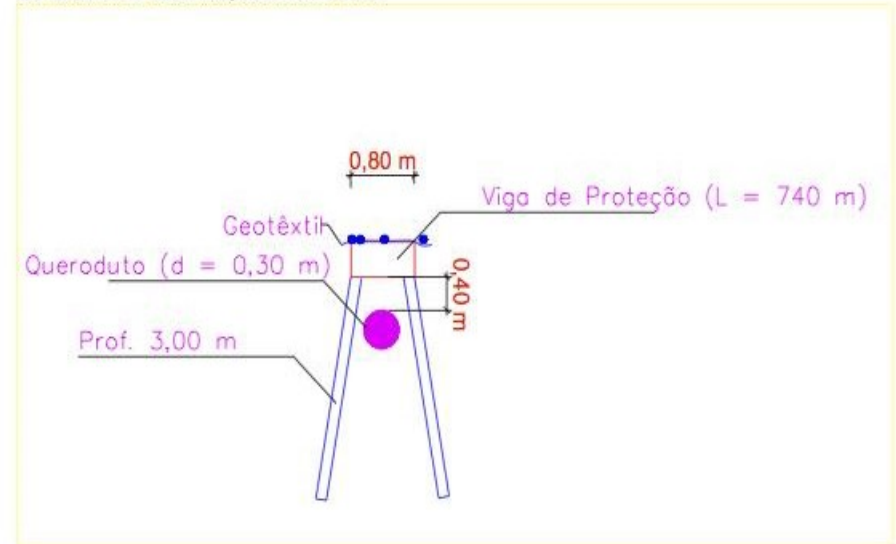
1. PLANTA DE SITUAÇÃO



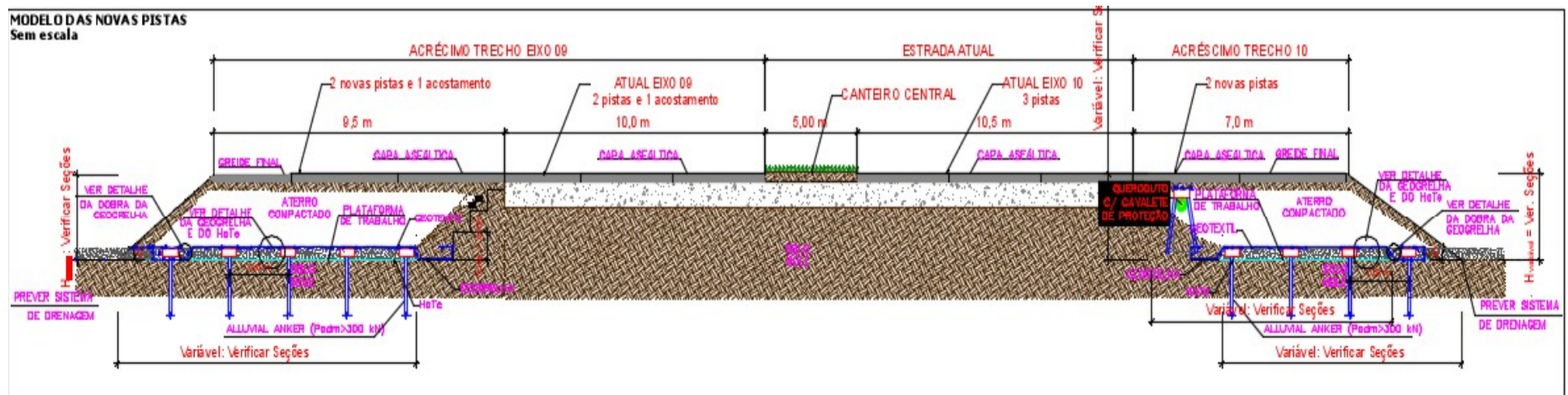
2. VISTA VIGA QUERODUTO

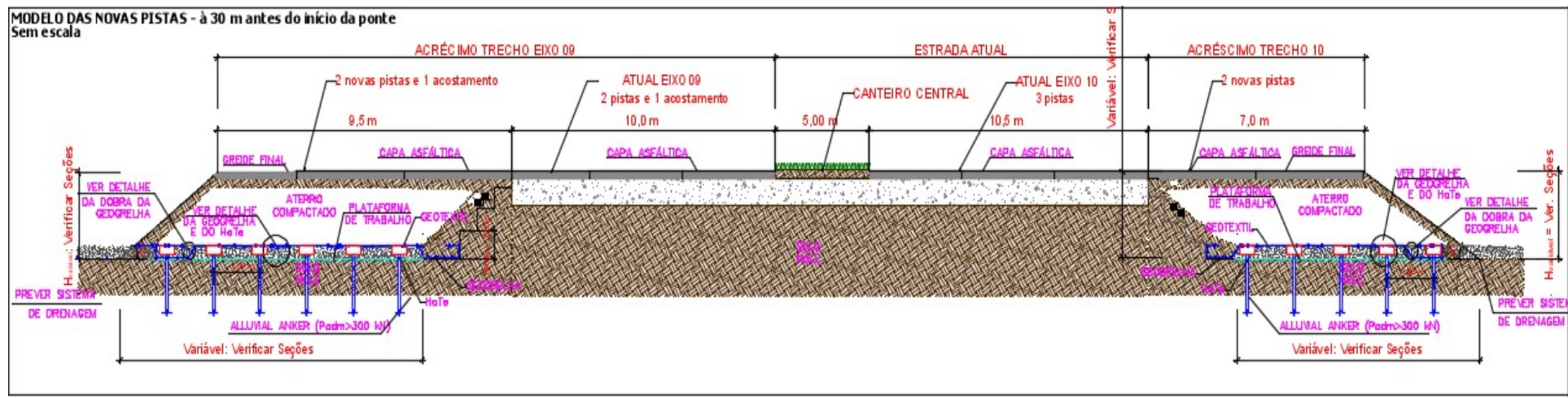


3. CORTE VIGA QUERODUTO



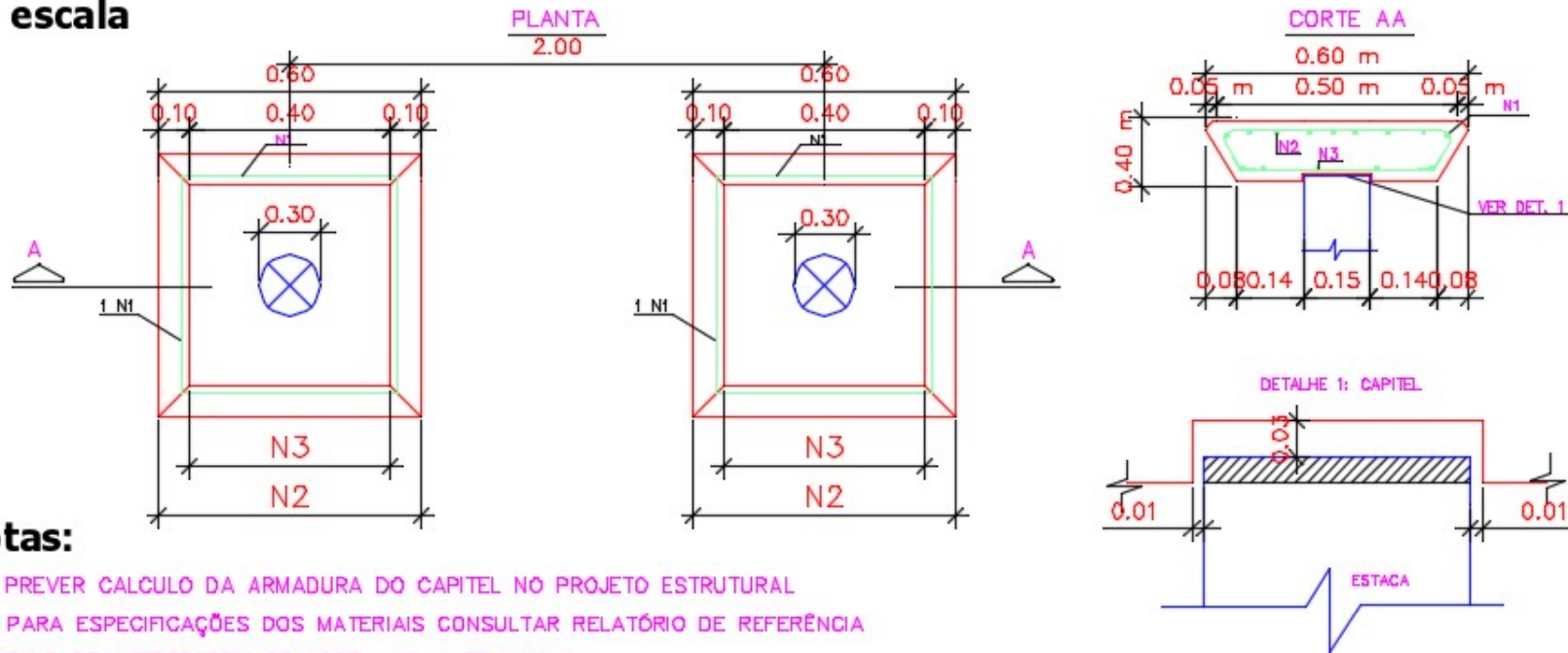
MODELO DAS NOVAS PISTAS
Sem escala





DETALHE DO CAPITEL

Sem escala

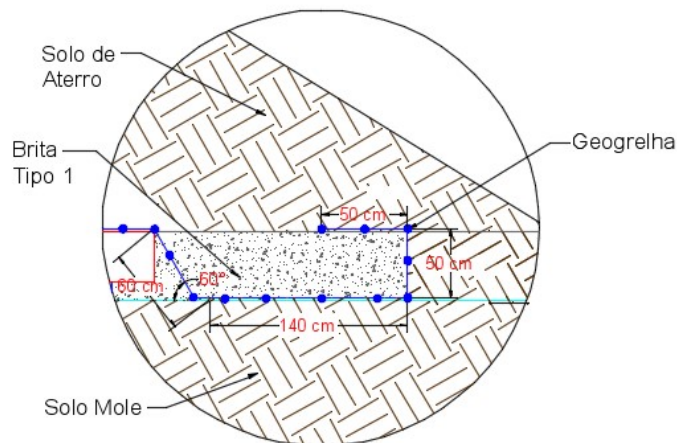


Notas:

- 1 - PREVER CALCULO DA ARMADURA DO CAPITEL NO PROJETO ESTRUTURAL
- 2 - PARA ESPECIFICAÇÕES DOS MATERIAIS CONSULTAR RELATÓRIO DE REFERÊNCIA
- 3 - SOLO DE ATERRO COM GC=100% e W +-2% Wótimo

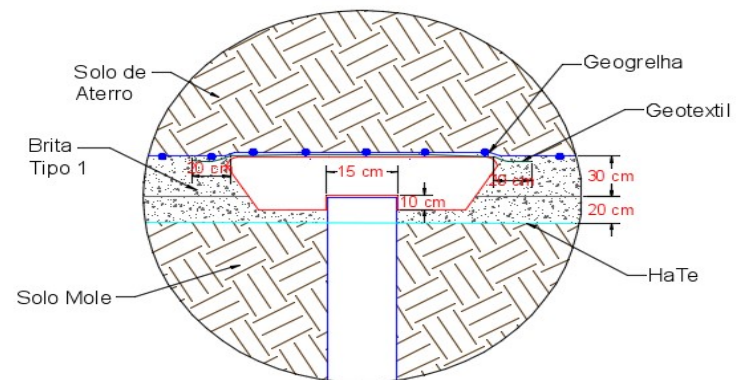
DETALHE DA DOBRA DA GEOGRELHA

Sem escala



DETALHE DA GG, DO GT E DO HATE

Sem escala



Instrumentação

- Método observacional – menores custos e maior segurança à obra
- Monitorar deslocamentos horizontais ao pé do aterro – inclinômetros
- Monitorar deslocamentos verticais na base do aterro – perfilômetros



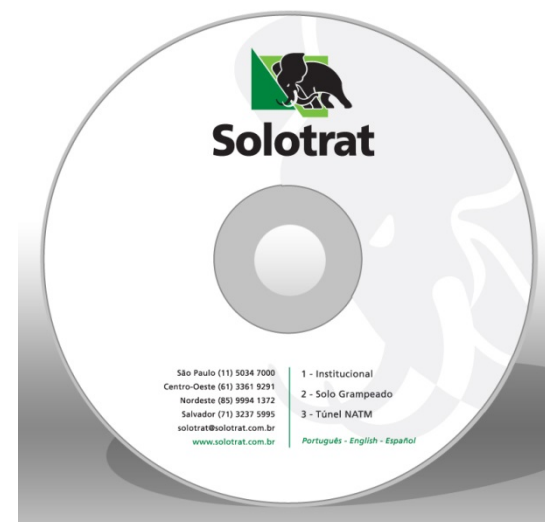
Referências

- Barbosa, M. (2009). Alluvial anker como alternativa para fundações em argila mole, Solotrat Engenharia Geotecnica Ltda., Brasilia, Brasil.
- BS 8006/2010 – Code of practice for strenghtened/reinforced soils and other fills. British Standard.
- Hewlett, W.J., Randolph, M.F., 1988. Analysis of piled embankments. Ground Engineering 21 (3), 12–18. London, England.
- Sandroni, S.S. (2006) Sobre a Prática Brasileira de Projeto Geotécnico de Aterros Rodoviários em Terrenos com Solos Muito Moles, no 13o Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos, Curitiba (PR).
- Suzanne J.M. van Eekelen and Marijn H.A. Brugman (2016). “Basal Reinforced Piled Embankments.” CRC Press, Delft, Netherlands.



NOSSO COMPROMETIMENTO

Zelar pelo proficiente desenvolvimento da Geotecnia no Brasil!





Solotrat

MUITO OBRIGADO!