

16ª EDIÇÃO

**CURSO TECNOLOGIA E ENGENHARIA
DE FUNDAÇÕES E CONTENÇÕES**



CURSO GRATUITO - PRESENCIAL - DE 05 A 21 AGOSTO 2026

Realização



Co-Realização



Apoio Institucional



Empresas Palestrantes e Convidadas



ESTACA ESCAVADA, BARRETE E RAIZ (EM SOLO E ROCHA): CONCEITOS BÁSICOS, EXECUÇÃO E CASOS DE OBRA

Eng. Celso Nogueira Corrêa

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Existem dois tipos de estacas escavadas com fluido estabilizante:

a) **ESTACÕES:** seções circulares - $0,60 \leq D \leq 2,50$ m. Mais utilizadas $0,80 \leq D \leq 2,00$ m

* na Bauma/Alemanhã 2022 foi apresentada uma caçamba de 4 m.

b) **BARRETES OU ESTACAS DIAFRAGMA:** seção retangular.

Dimensões mais comuns:

- 0,30 a 1,20 m na menor dimensão
- 2,50 e 3,20 m na maior dimensão

旋挖钻机
Rotary Drilling Rig

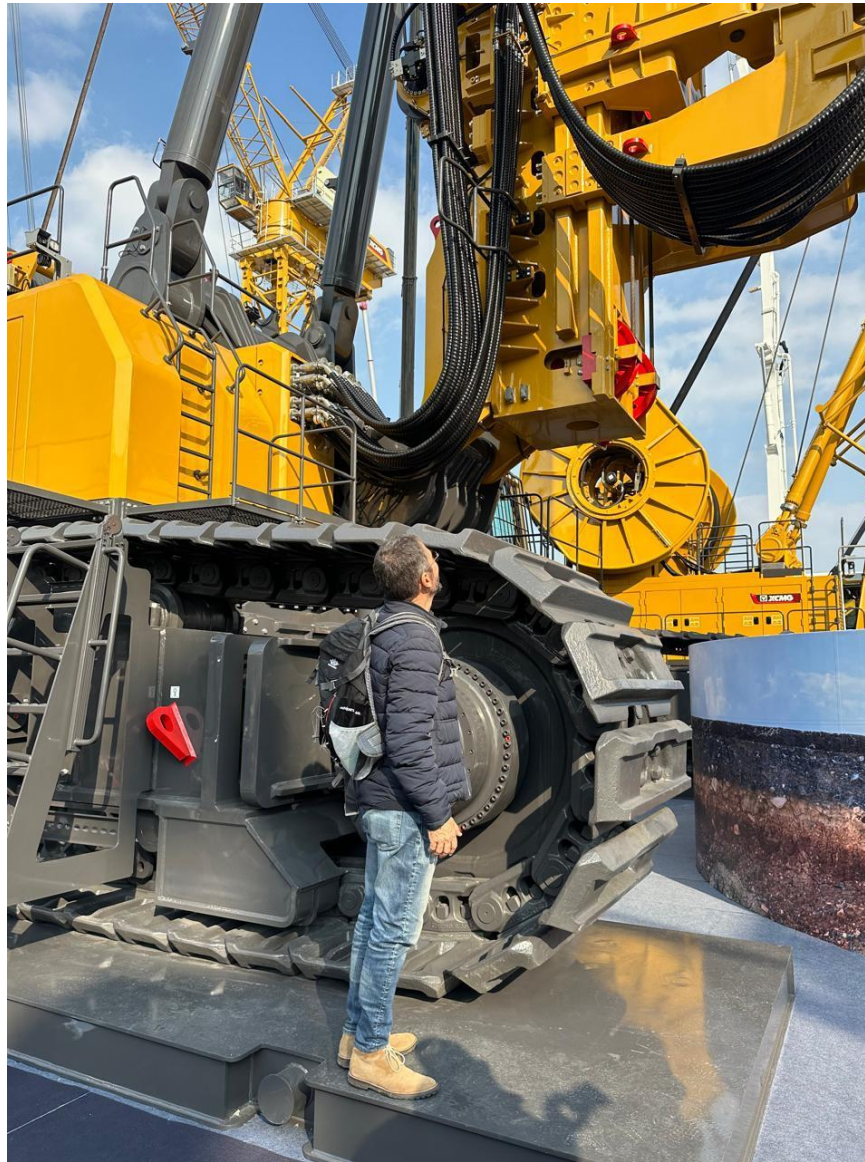


产品参数 Product parameter

最大钻孔直径 Max.drilling diameter	φ 6.3/φ 7/φ 7.5/φ 8(特配 Specially matched)m
最大钻孔深度 Max.drilling depth	125/151/176/190/200m
主卷扬最大提升力 Max.lifting force of main winch	1800k N
动力头输出扭矩 Max.output torque of rotary drive	2600kN · m
工作重量 Working weight	535t
工作高度 Working height	42m

XR2600F旋挖钻机是公司新一代F系列特大吨位产品，采用模块化、分段式销轴连接履带底盘、四轮驱动，大立板结构回转平台，挂接式动力站，大三角变幅结构，上置式主卷扬，分段板厚式钻桅，竖销动力头结构，三发动机独立驱动液压系统等，保障整机作业稳定性与可靠性。

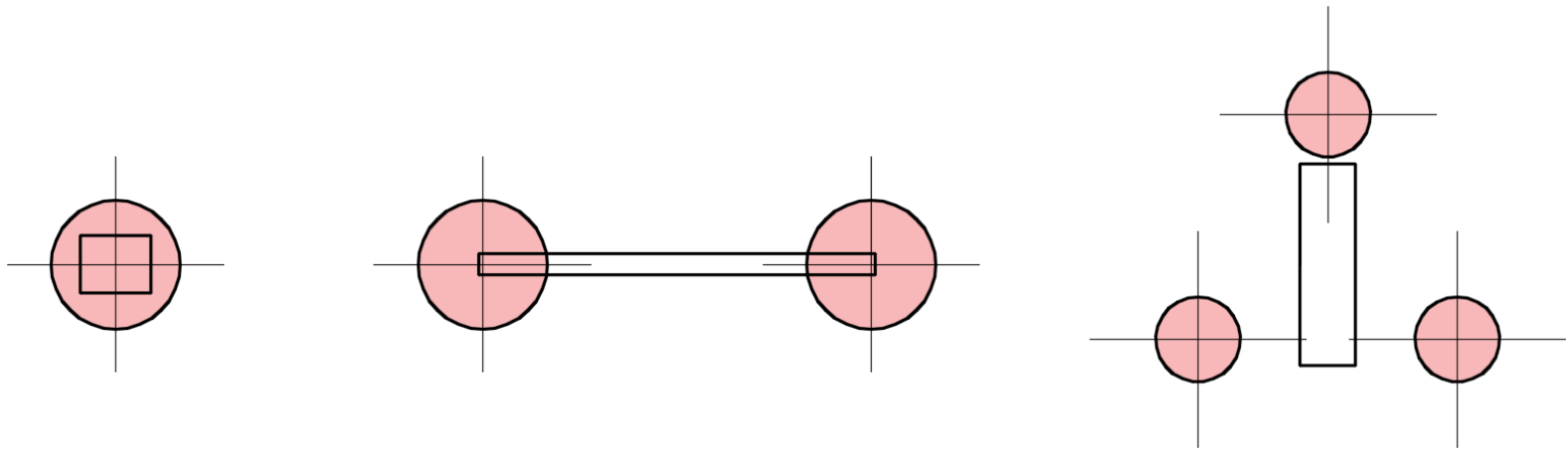
XR2600F rotary drilling rig is an extra-large tonnage product of our new generation of F series. It adopts modular design with pin-connected segmented crawler chassis, four-wheel drive, slewing platform of large vertical plate structure, hanging power station, large triangle luffing mechanism, independent drive hydraulic system and others to ensure operating stability and reliability of the whole machine.





ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

EXEMPLOS DE GEOMETRIA DE BLOCOS

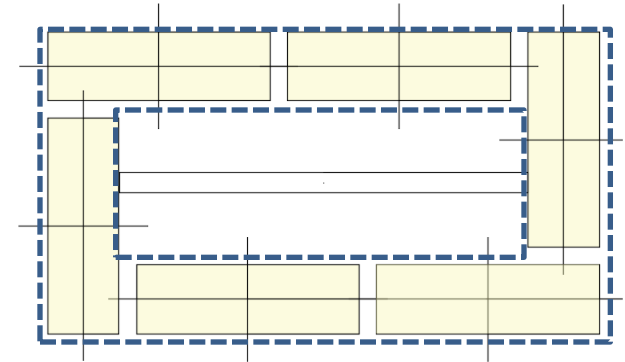
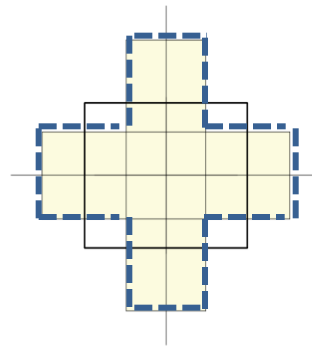
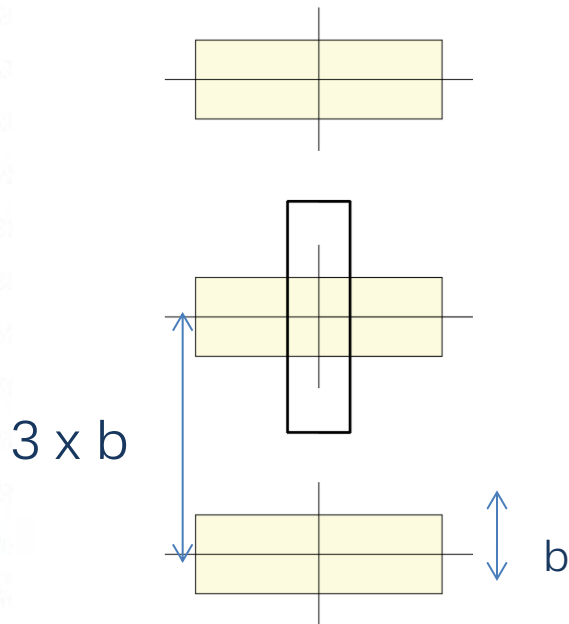


ESPAÇAMENTO ENTRE ESTACAS USUAL DE PROJETO = $3 \times \emptyset$

PARA ESTACAS EXECUTADAS EM MENOS DE 12H,
ESPAÇAMENTO = $5 \times \emptyset$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

EXEMPLOS DE GEOMETRIA DE BLOCOS



Bloco em cruz e em célula

Adotado o perímetro colado das estacas para estimativa de capacidade de carga da fundação

Espaçamento entre estacas = $3 \times b$

b = menor dimensão da estaca

Para estacas executadas em menos de 12h, espaçamento = $5 \times b$

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características Executivas

- São escavadas por caçamba, conectadas a hastes rotativas,
- Usa fluido estabilizante (lama bentonítica ou polímero) cuja função é estabilizar as paredes das escavações, manter resíduos da escavação em suspensão. O ideal é que o nível do fluido na escavação esteja pelo menos 2,00 m acima do nível do lençol freático.
- A concretagem é submersa
- Utilizada para cargas elevadas

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características executivas

- Utilizada em condições adversas do subsolo, tais como solo mole, areias fofas lençol freático a pouca profundidade etc.
- Não causa vibração,
- Baixo índice de ruído
- Necessita de área relativamente grande para a instalação dos equipamentos e acessórios necessários à sua escavação;
- Podem ser executadas de cota muito acima do arrasamento.

FLUÍDO ESTABILIZANTE

O FLUÍDO ESTABILIZANTE PODE SER LAMA BENTONÍTICA OU LAMA POLIMÉRICA.

A FUNÇÃO É ESTABILIZAR AS PAREDES DA ESCAVAÇÃO DA ESTACA, EVITANDO DESMORONAMENTOS EM SOLO MOLES OU AREIAS FOFAS SATURADAS E NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO PRÓXIMO À SUPERFÍCIE, ATRAVÉS DA PRESSÃO HIDROSTÁTICA EXERCIDA NAS PAREDES DA ESCAVAÇÃO. O IDEAL É QUE O NÍVEL DO FLUÍDO NA ESCAVAÇÃO ESTEJA PELO MENOS 2,00 M ACIMA DO NÍVEL DO LENÇOL FREÁTICO.

PARA EXERCER ESSA FUNÇÃO A LAMA OU POLÍMERO DEVEM TER PROPRIEDADES ESPECÍFICAS NA CONCRETAGEM.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante – Lama

TABELA DA NBR 6122-2019

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,025 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	30 s/qt a 90 s/qt	Funil Marsh
pH	7 a 11	Indicador de pH
Teor de areia	Até 3 %	Baroid sand content ou similar

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante – Polímero

TABELA DA NBR 6122-2019

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,005 g/cm ³ a 1,10 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	35 s/qt a 120 s/qt	Funil Marsh
pH	8 a 12	Indicador de pH
Teor de areia	Até 4,5 %	Baroid sand content ou similar

Coletores de Amostra de Fluido



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- Densidade – Balança de lama



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- Viscosidade



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- PH



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

- Teor de Areia



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

Reciclador



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do fluido estabilizante

Floculador



Funcionamento do Floculador:

Adição de Floculante: A lama bentonítica é direcionada para um reservatório específico, onde é adicionado um agente floculante. Esse aditivo químico promove a aglomeração das partículas de bentonita, facilitando sua separação da água.

Sedimentação:

Após a adição do floculante, ocorre a sedimentação natural. As partículas de bentonita, agora aglomeradas, se depositam no fundo do reservatório, formando um resíduo sólido (ou quase sólido) que corresponde a aproximadamente 15% do volume total. A água que representa cerca de 85% do volume total, permanece na parte superior.

Separação e Reutilização:

A água clarificada é então recolhida e armazenada em silos para reutilização em processos como lavagem de equipamentos ou preparação de nova lama bentonítica. O resíduo sólido é descartado juntamente com os materiais provenientes da escavação, seguindo as diretrizes ambientais estabelecidas

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Características do concreto

- $f_{ck} \geq 30$ MPa – (C30)
 - Recomenda-se consumo mínimo de cimento = 350kg/m^3
 - Abatimento (“Slump-test”) = $22 + 4$ cm
 - Fator água/cimento $\leq 0,60$
 - Diâmetro máximo do agregado entre 4,75 e 12,5 mm.
 - % de argamassa em massa $\geq 55\%$.

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo – Sequência Executiva



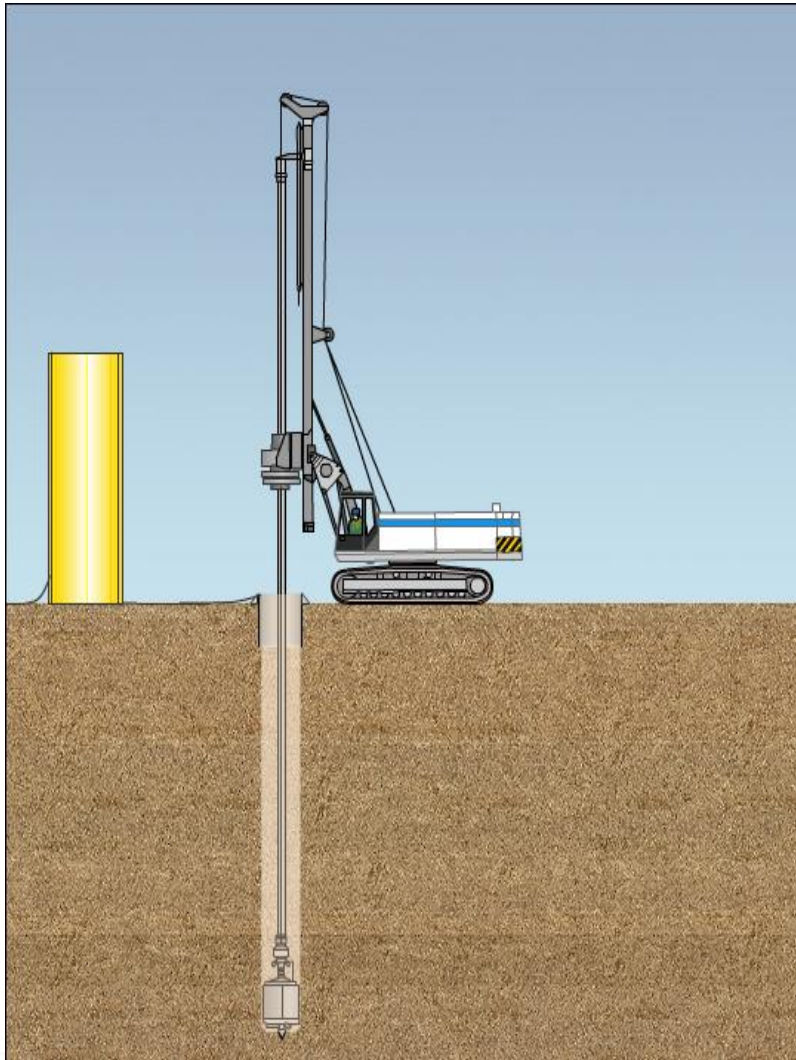
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



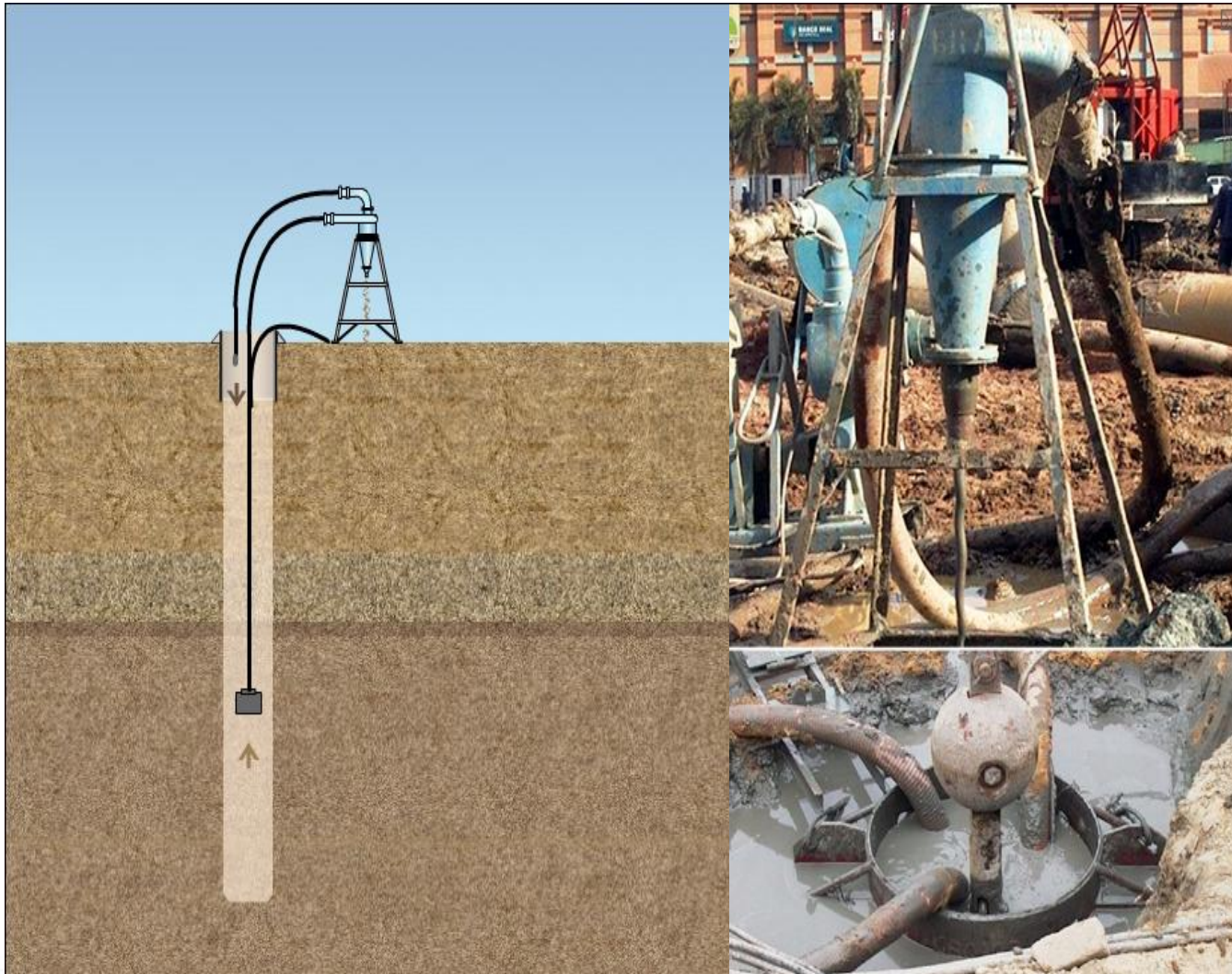
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



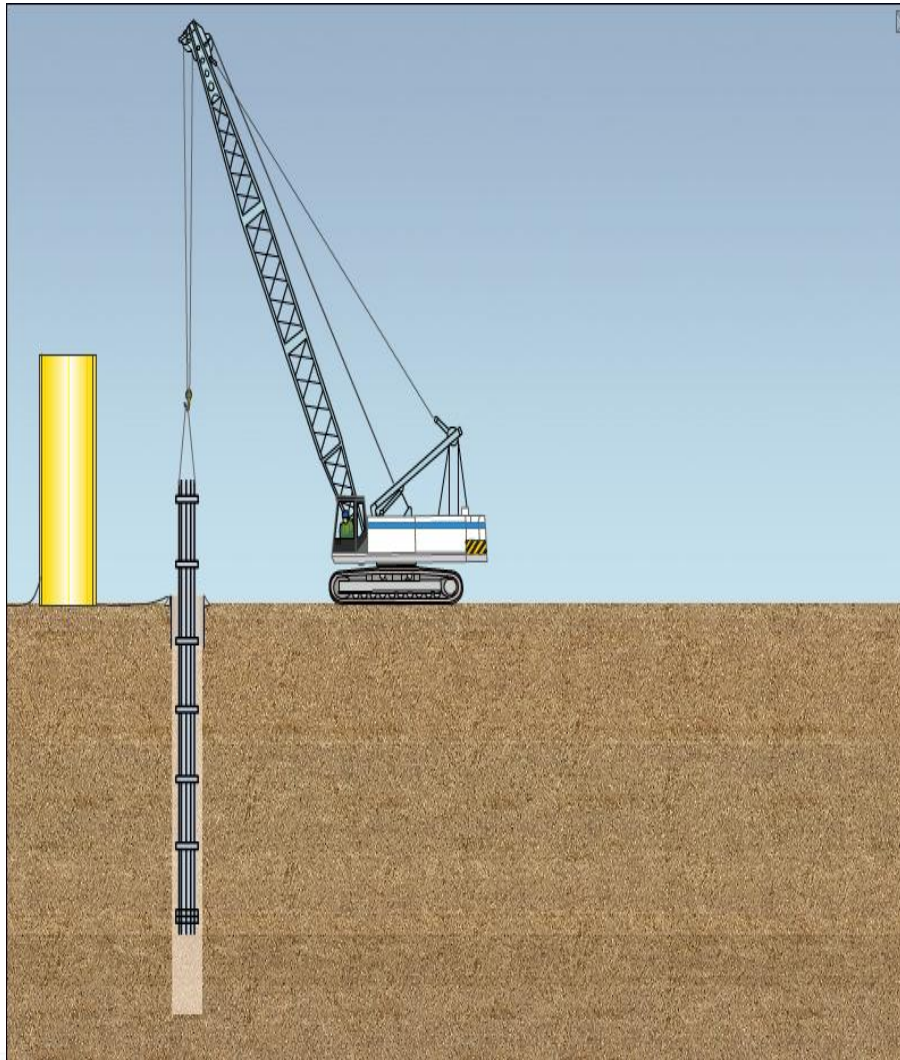
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em solo



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

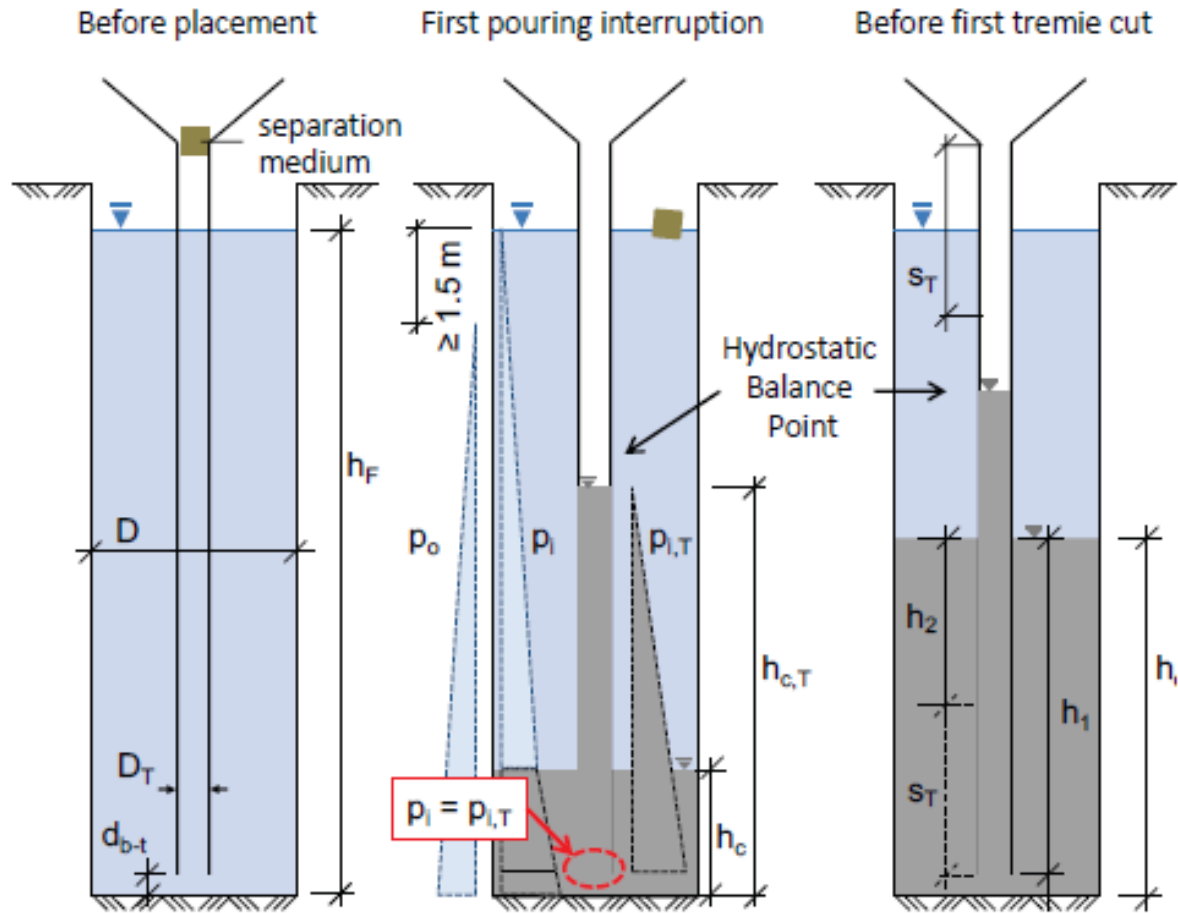


ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE



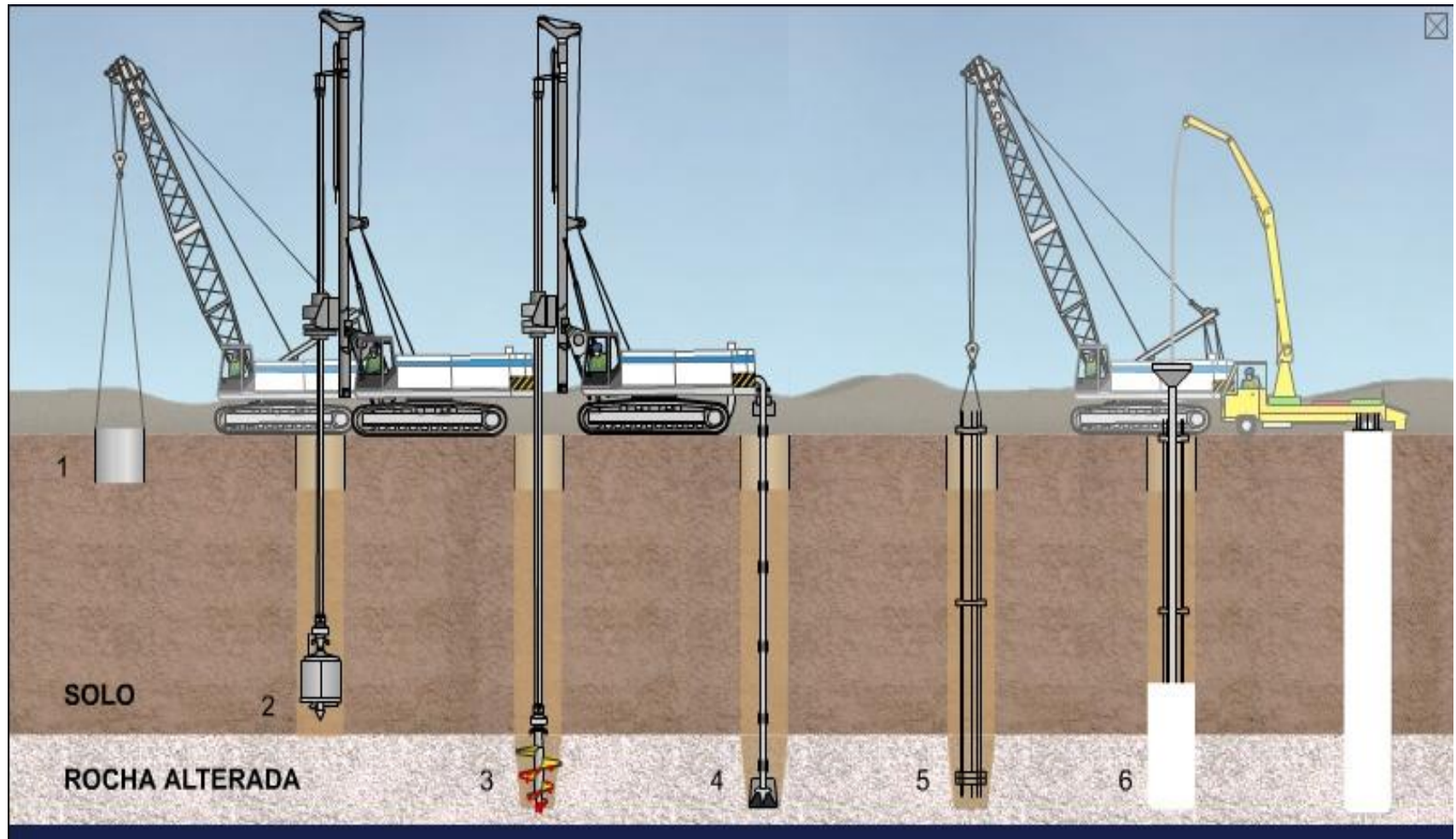
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

PHASES IN THE TREMIE POUR SEQUENCE



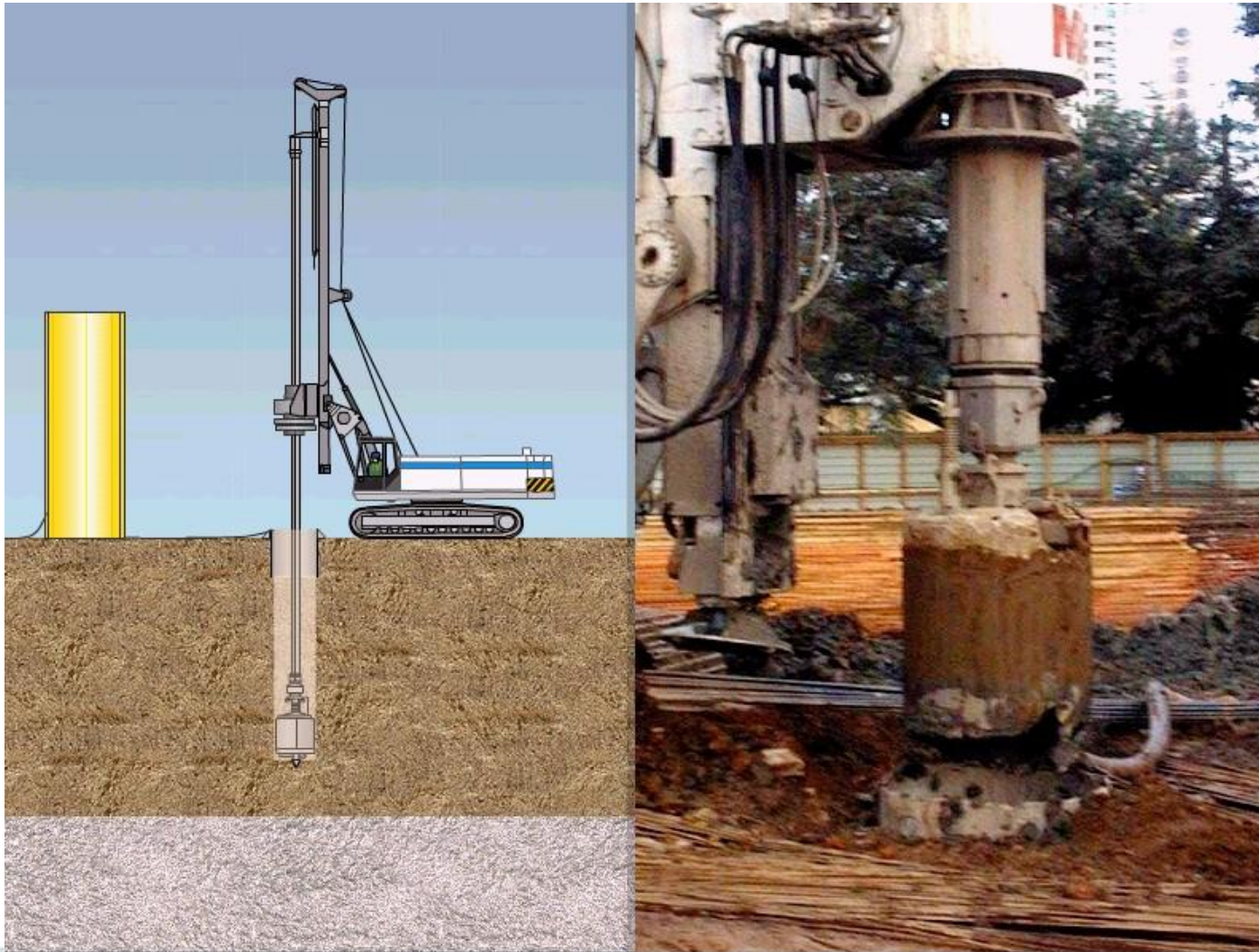
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Perfuração em solo e rocha alterada



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



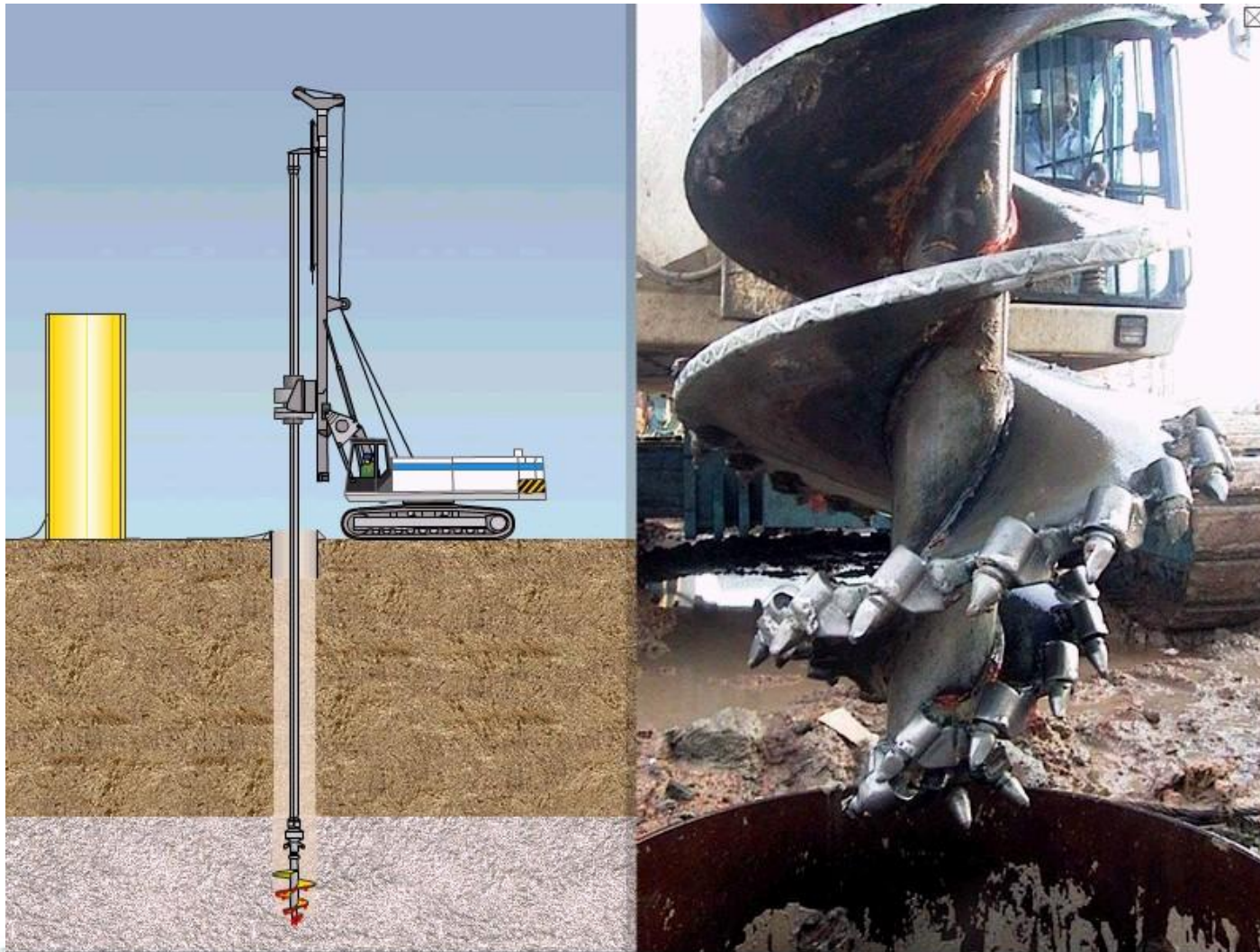
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada



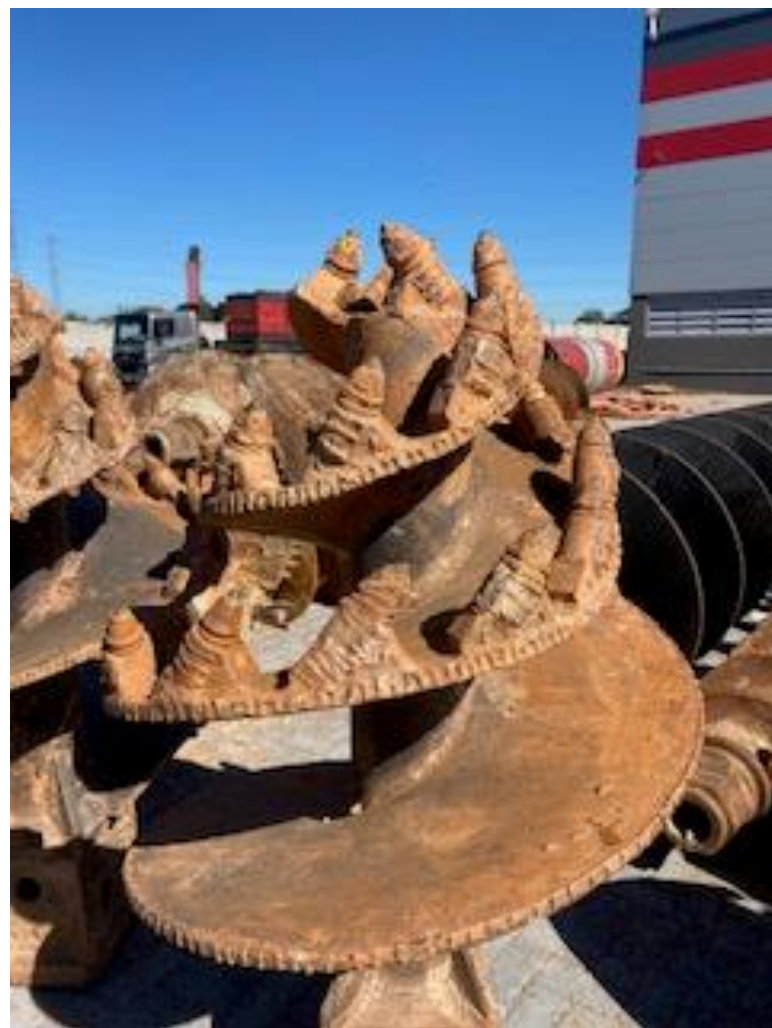
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha alterada











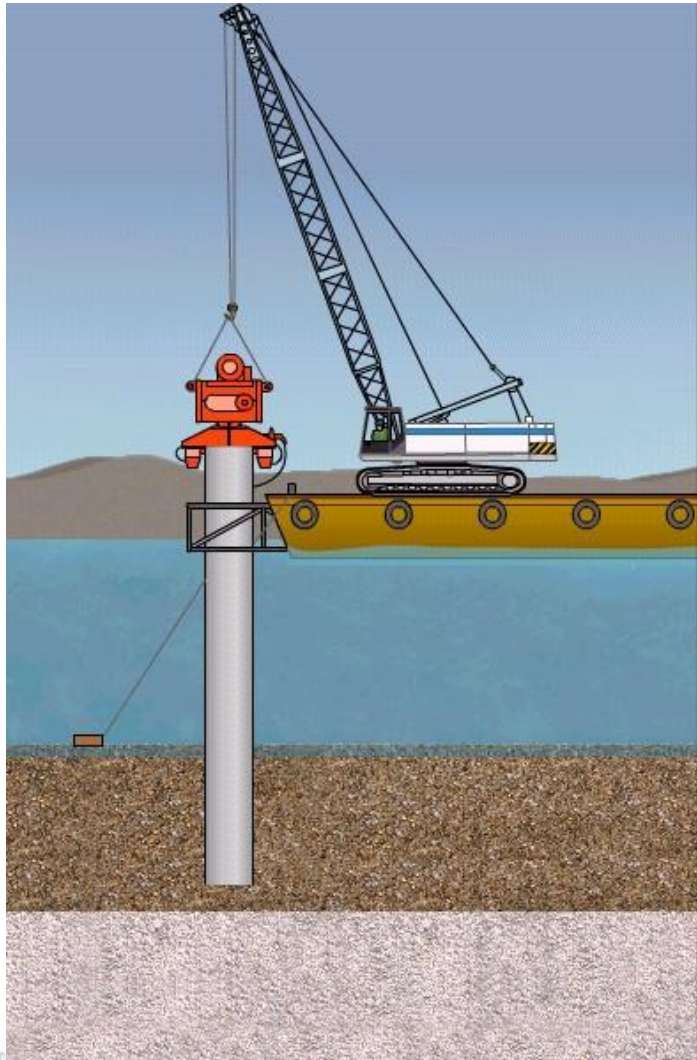
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral



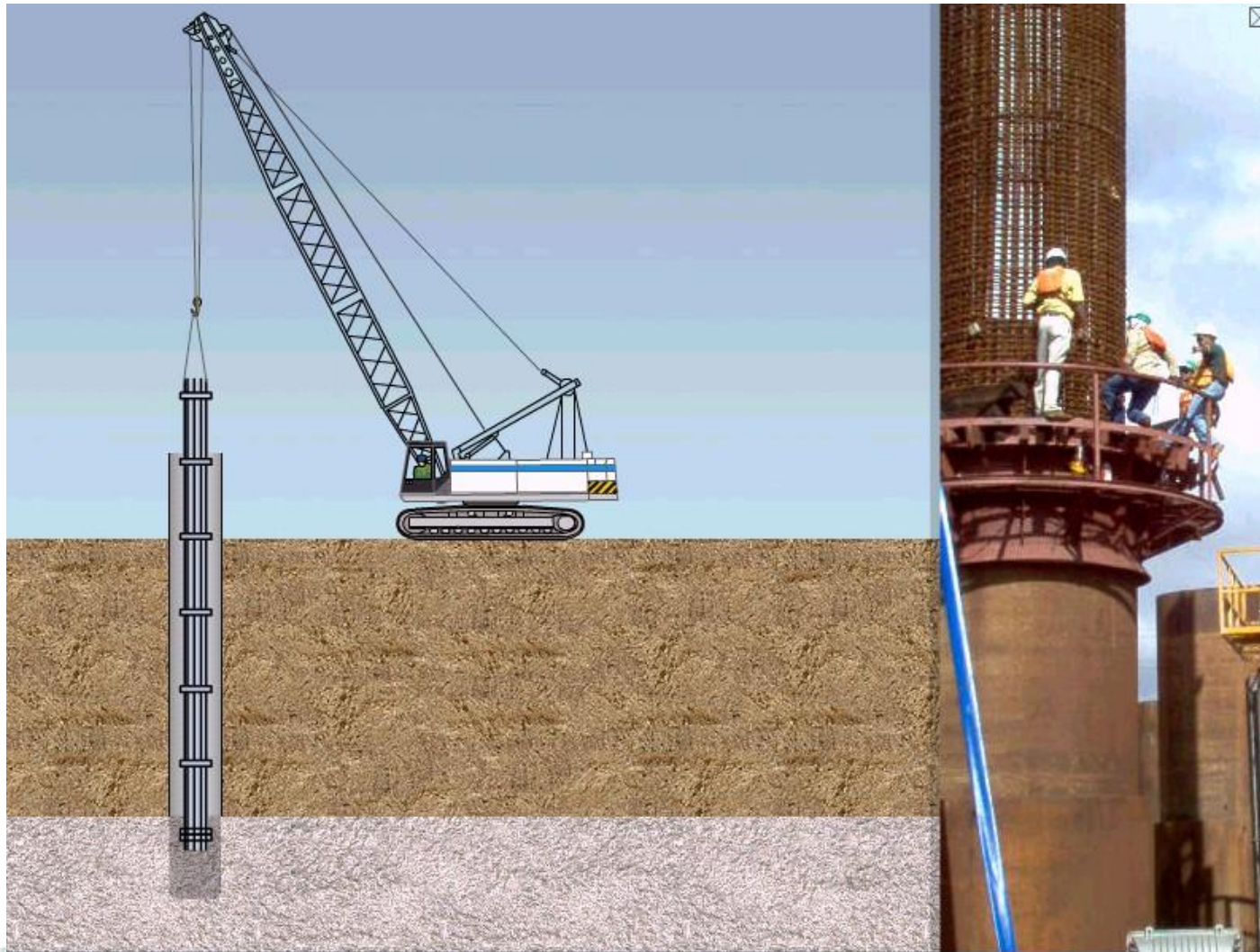
ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estação em rocha sã e camisa metálica integral

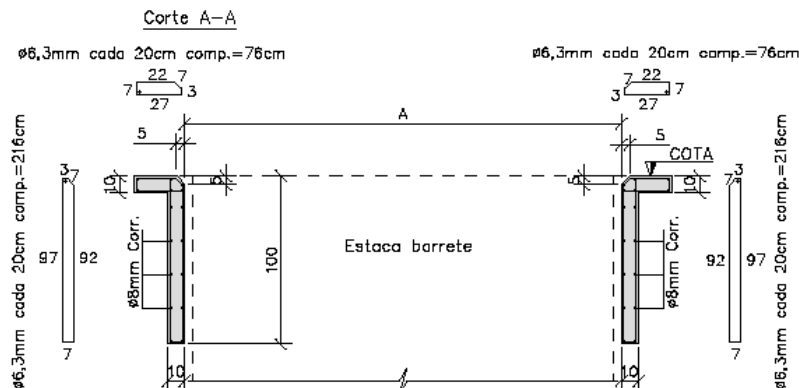
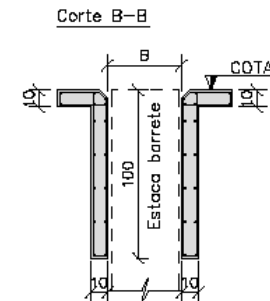
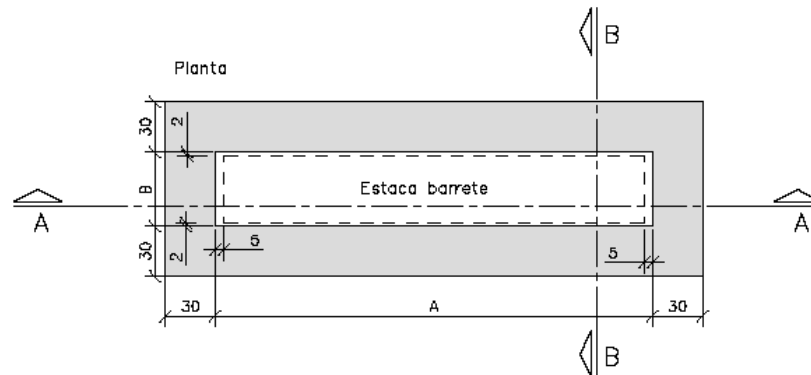


ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

DETALHE DE MURETA GUIA PARA BARRETE

(Sem escala)



Barrete		Peso do Aço por mureta guia		
Dimensões		Aço CA 50 [kg]		
A	B	ø6,3mm	ø8mm	TOTAL
250	40	25,76	40,13	65,89
320	40	31,48	48,43	79,91
250	50	25,76	41,32	67,08
320	50	31,48	49,61	81,09
250	60	27,18	42,50	69,68
320	60	32,91	50,80	83,71
250	70	27,18	43,69	70,87
320	70	32,91	51,98	84,89
250	80	28,62	44,87	73,49
320	80	34,34	53,17	84,48

CONCRETO $f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$

BARRETE — MURETA GUIA

ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

Equipamento – perfuração em solo:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

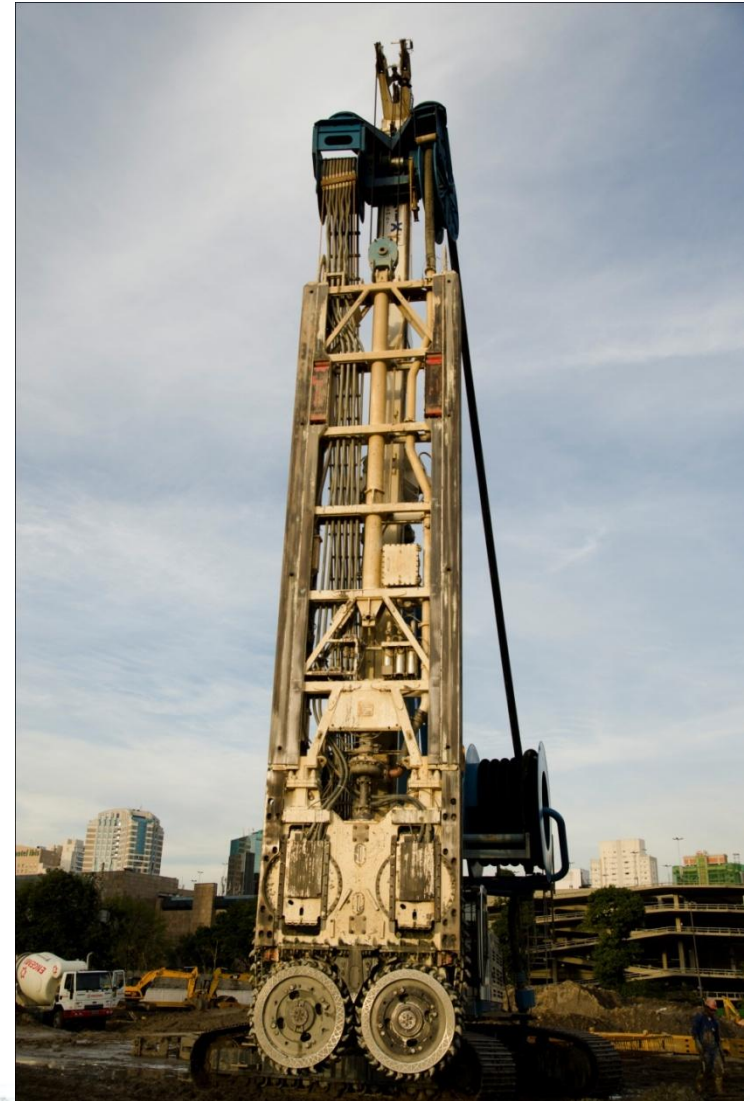
Estacas barrete



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

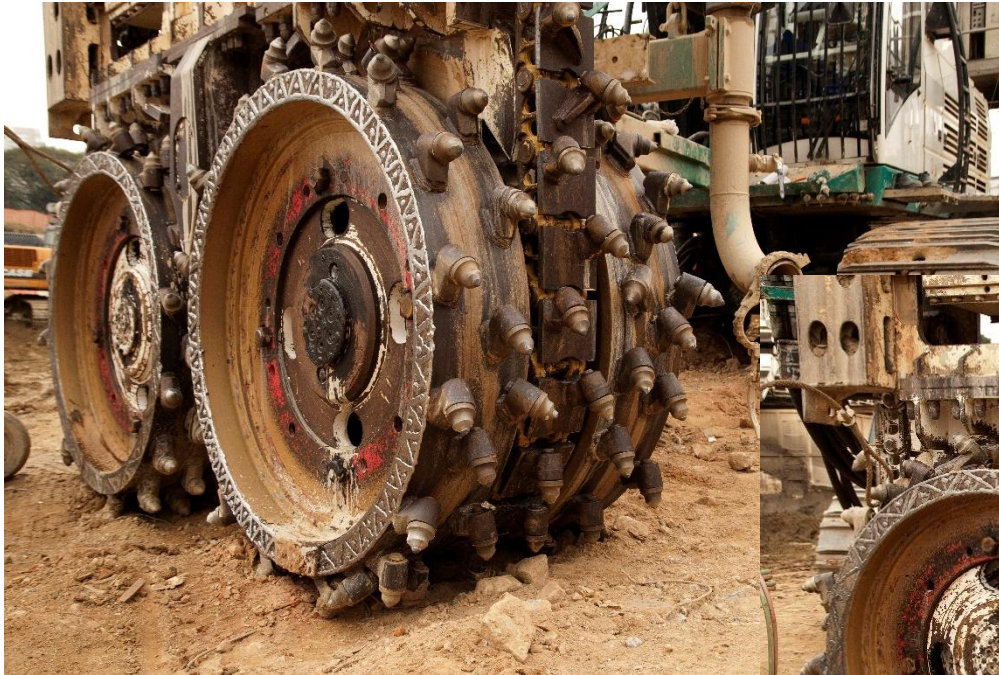
Equipamento – perfuração em rocha:



ESTACAS ESCAVADAS COM FLUIDO ESTABILIZANTE

Estacas barrete

Equipamento – fresa:



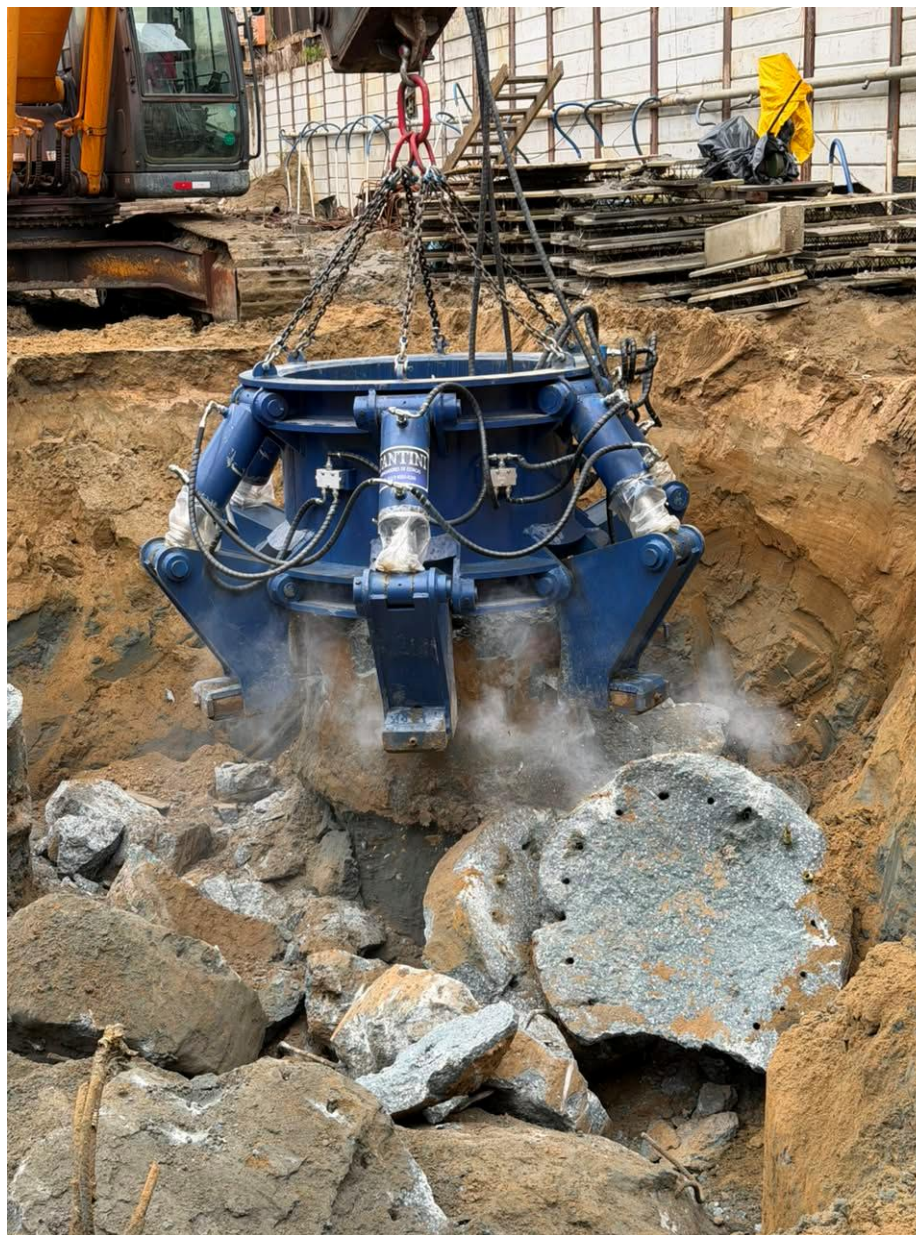
Arrasamento das estacas



Podem ser utilizados rompedores mecanizados, normalmente até 50 cm acima da cota de arrasamento final.

O acabamento final deve ser feito com rompedor elétrico leve ou manualmente com ponteira e marreta sempre na posição horizontal.







Arrasamento das estacas

Arrasamento das estacas, executado com rompedor na posição horizontal.

Cabeça, plana, horizontal e 5 cm acima do lastro de concreto magro.



ESTACAS RAIZ



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DA
ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA



SINDICATO DAS EMPRESAS DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES E GEOTECNIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

ESTACAS RAIZ

Definições e propriedades

- Diâmetro, entre 150 e 500 mm,
- Elevada capacidade de carga,
- Essencialmente resistência por atrito lateral, porém apoiada em rocha, pode ser empregada também como estaca de resistência de ponta
- Indicada para locais de difícil acesso, presença de matacões, reforço de fundações, entre outros;
- Atravessa qualquer tipo de terreno, inclusive rocha, matacão, concreto armado e alvenaria.
- Não causa vibração nem alívio de tensões do terreno.

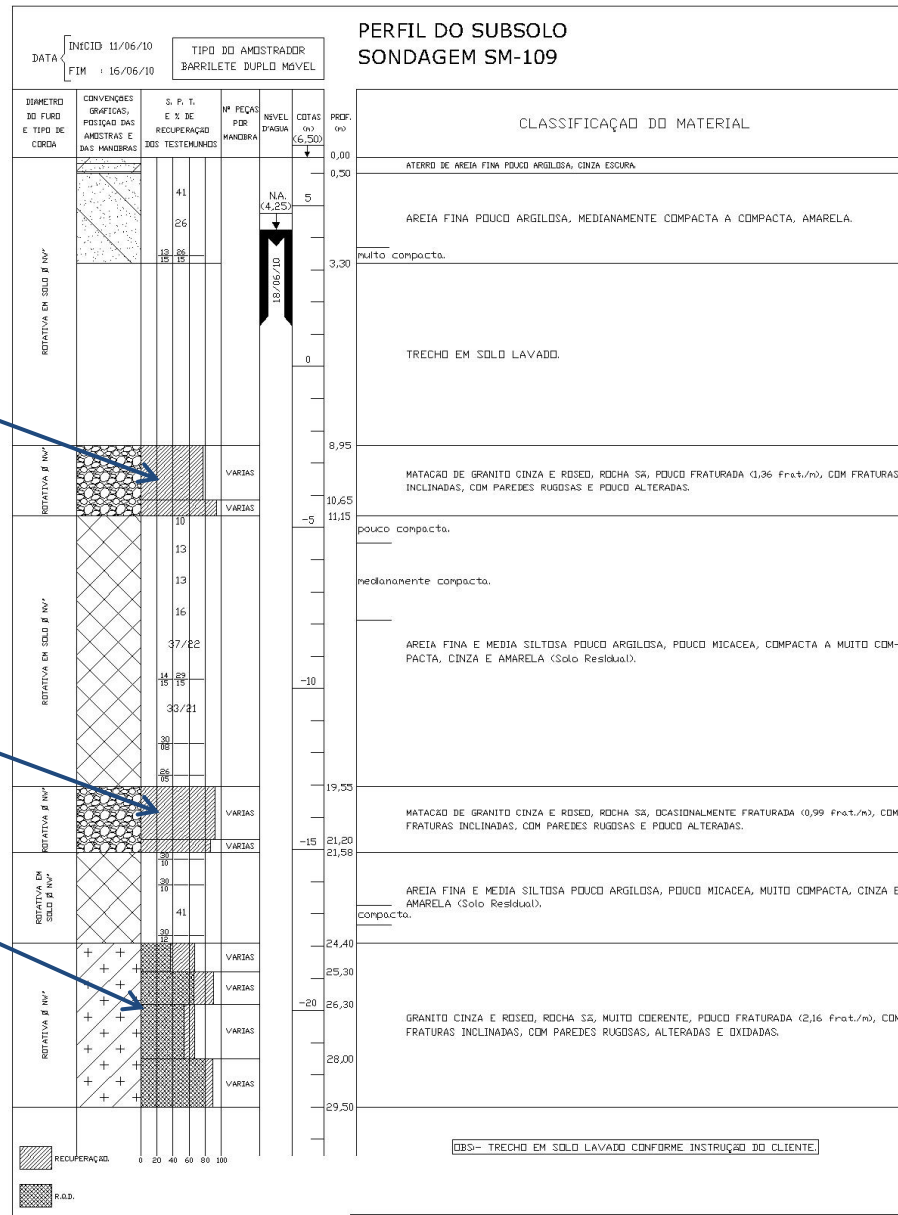
ESTACAS RAIZ

Sondagem – necessidade de estaca raiz

Matacão

Matacão

Rocha



ESTACAS RAIZ

Procedimento

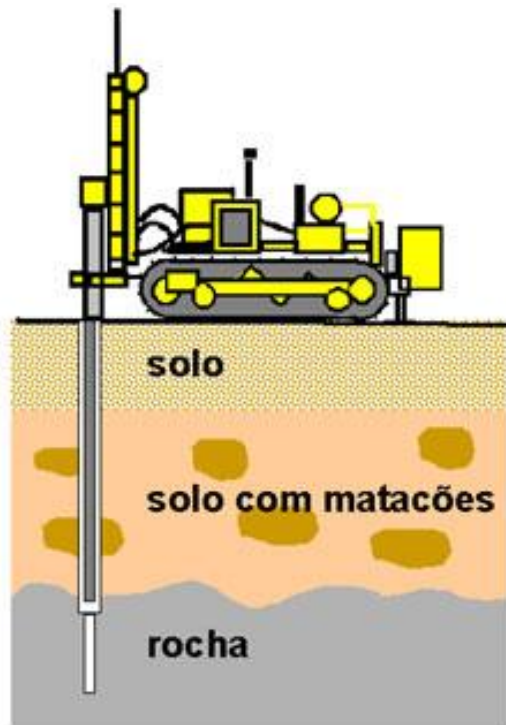
1. Perfuração: é realizada por rotação de tubos auxiliada por circulação de água e quando necessário, o tricone é utilizado por dentro da camisa metálica para avançar a escavação. Na extremidade do tubo é acoplada uma coroa de perfuração adequada às características geológicas da obra.



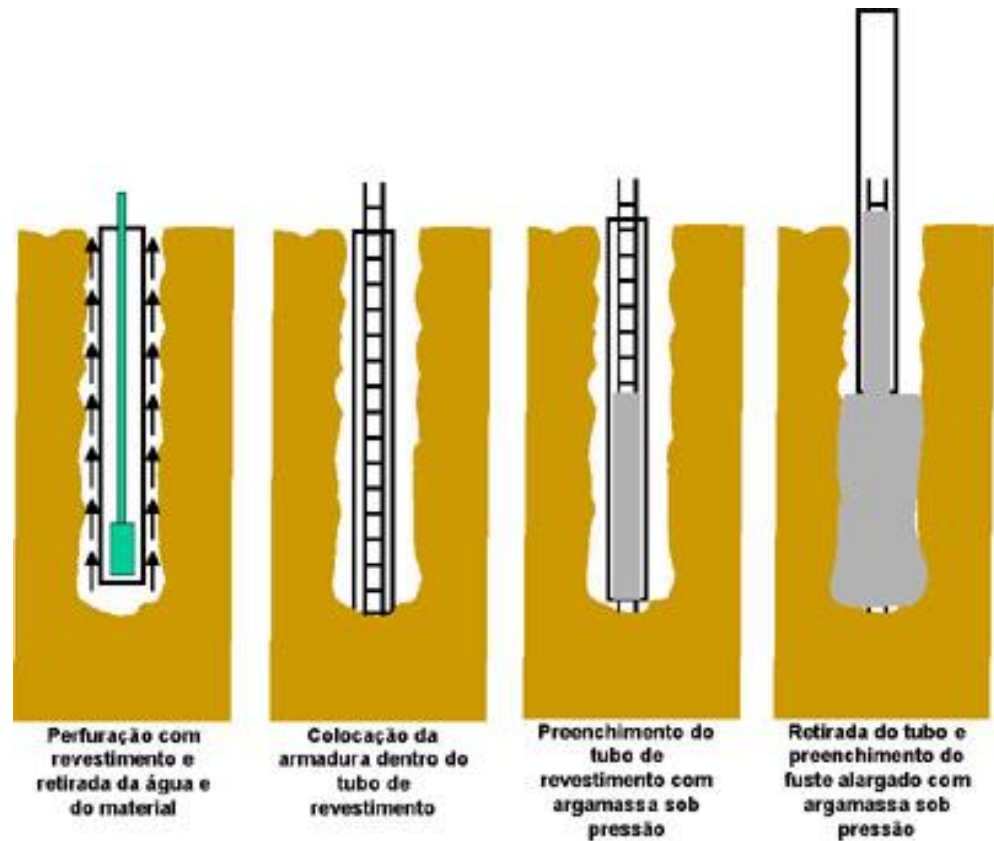
2. Instalação da armação: após a perfuração, continua-se com a injeção de água sem avançar a perfuração, para limpeza do furo. A seguir instala-se a armadura.



ESTACAS RAIZ



Equipamento de perfuração de estacas raiz



Execução de estaca tipo raiz

ESTACAS RAIZ



Carga tf Diâmetro mm	Ø 450	Ø 410	Ø 310	Ø 250	Ø 200	Ø 160	Ø 150	Ø 120	Ø 100
200	10 Ø 20								
180	8 Ø 20								
160	6 Ø 20	7 Ø 22							
140	4 Ø 20	6 Ø 20							
120		4 Ø 20							
100			6 Ø 20						
90			5 Ø 20						
80			6 Ø 16						
70			5 Ø 16						
60				6 Ø 16					
50	4 Ø 16	6 Ø 16		5 Ø 16					
40			4 Ø 16						
30				4 Ø 16	5 Ø 16	3 Ø 20			
20					4 Ø 16	4 Ø 16	3 Ø 20	3 Ø 20	
10						3 Ø 16	3 Ø 16	3 Ø 20	
								6 Ø 16	
								1 Ø 25	
									1 Ø 25
ESTRIBOS	Ø 6 ³ c/20	Ø 6 ³ c/20	Ø 6 ³ c/20	Ø 6 ³ c/20	Ø 5 ³ c/20				

Argamassa
 $\gamma_c = 1.6$
Aço CA-50
 $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$

ESTACAS RAIZ



1 - Diâmetro da estaca (mm)	450	410	310	250	200	160	150	120	100
2 - Diâmetro externo do tubo (mm)	406	355	275	220	168	140	127	102	80
3 - Área de secção transversal (cm²)	1590	1320	755	491	380	201	177	113	79
4 - Perímetro da estaca (cm)	141	126	98	79	63	50	47	38	31
5 - Distância mínima entre eixos (cm)	135	130	100	80	70	60	60	60	60
6 - Distância mínima eixo-divisa (cm)	40	30	30	30	30	30	30	30	30
7 - Diâmetro extremo do estribo (mm)	330	280	200	155	110	-	-	-	-
8 - Diâmetro interno da coroa (mm)	374	323	235	180	133	120	105	72	60
9 - Diâmetro da estaca em rocha (mm)	355	305	228	178	127	101	76	-	-
10 - Cimento (kg)	163	135	70	50	30	20	15	10	8
11 - Area (L)	272	226	113	75	47	30	27	17	12
12 - Armção long. mínima CA-50 (mm)	10 Ø 20	6 Ø 20	6 Ø 20	6 Ø 16	5 Ø 16	4 Ø 16	3 Ø 16	1 Ø 25	1 Ø 25
13 - Estribo CA-25 (mm)	Ø 6,3	Ø 6,3	Ø 6,3	Ø 6,3	Ø 5	-	-	-	-

ESTACAS RAIZ



(Fig.01)



(Fig.03)



(Fig.04)



(Fig.02)

ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ



ESTACAS RAIZ

Reforço de fundações



ESTACAS RAIZ

Reforço de fundações



CASO DE OBRA



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DA
ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES E GEOTECNIA



SINDICATO DAS EMPRESAS DE ENGENHARIA DE
FUNDAÇÕES E GEOTECNIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

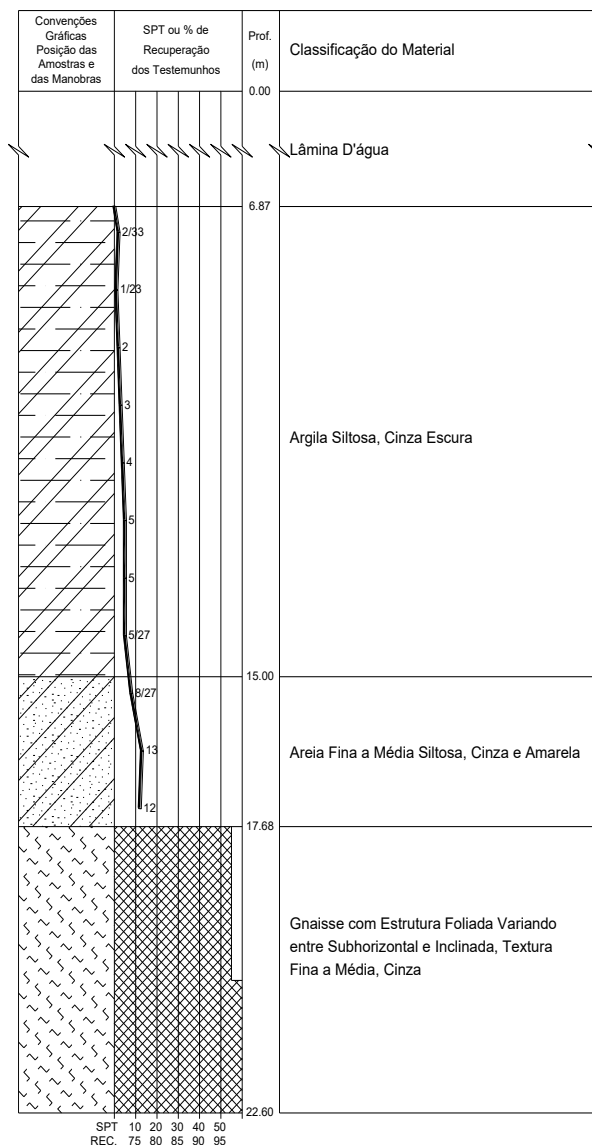
Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra

Sondagem



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



ESTACAS RAIZ E ESTACÃO

Casos de obra



OBRIGADO
CELSO@ZFSOLOS.COM.BR

