Universidade de São Paulo
Escola Politécnica

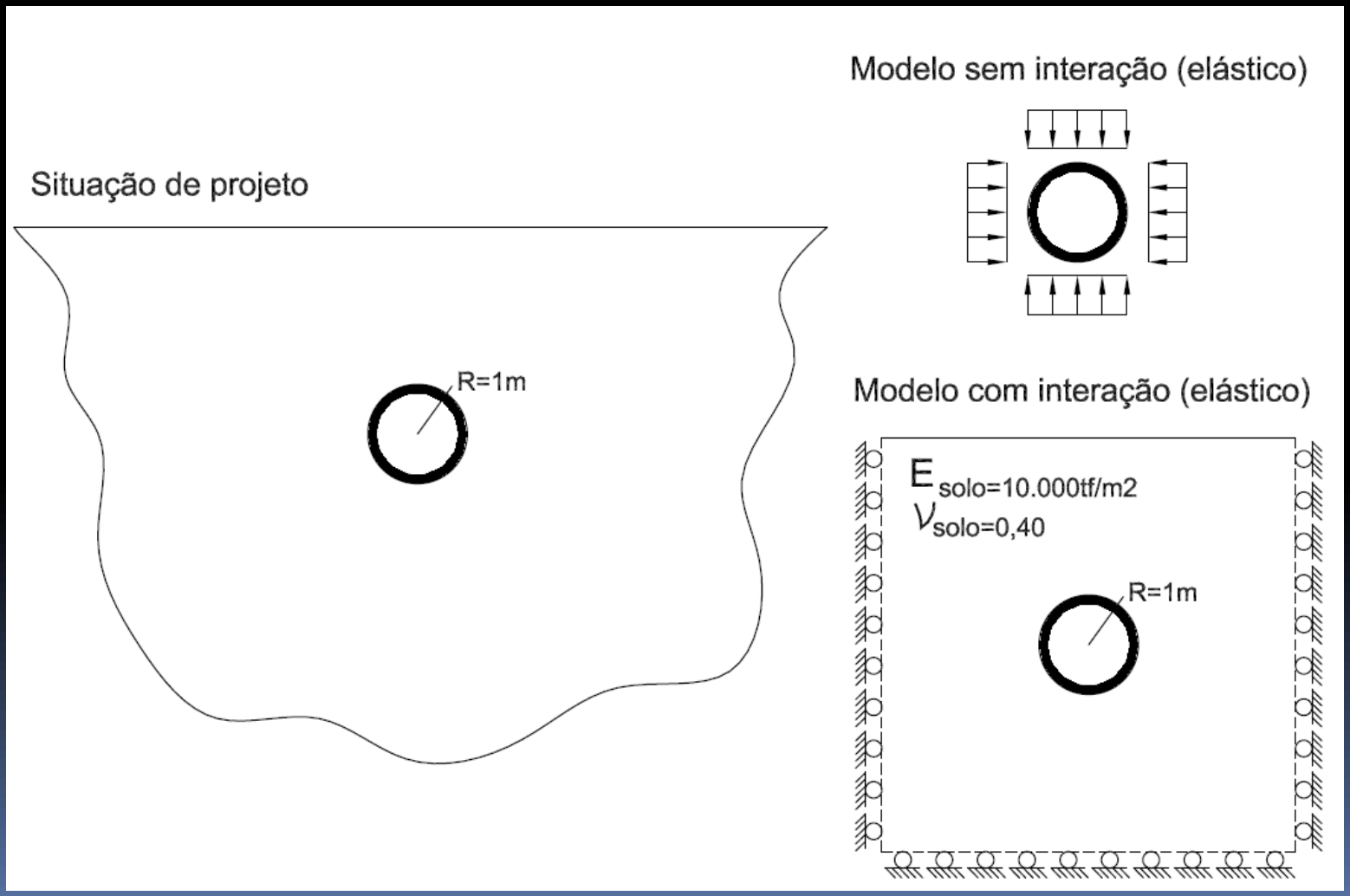
PEF 2502
Obras subterrâneas
Projeto e Método Construtivo

Valas escoradas

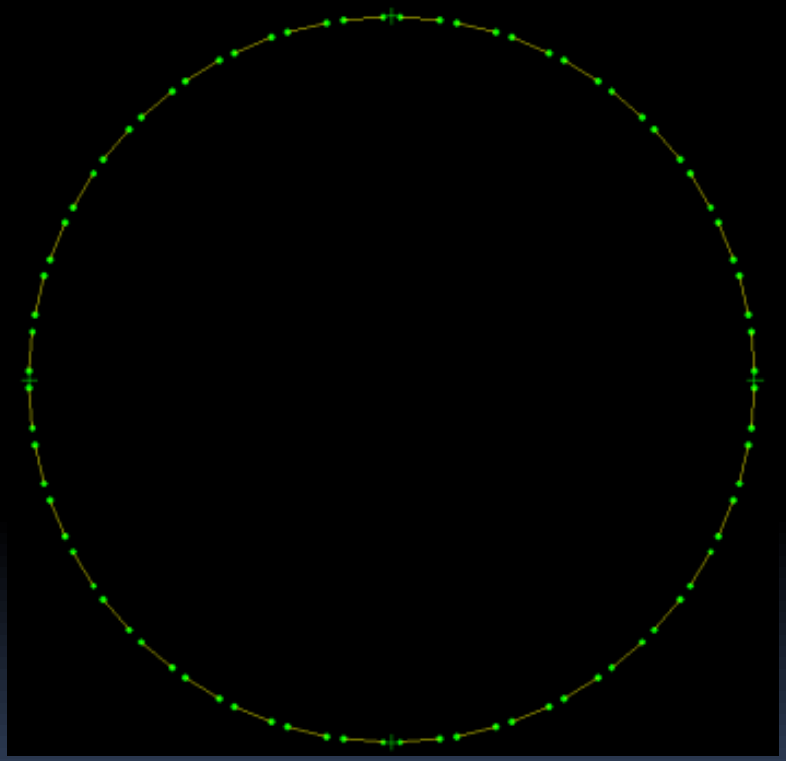
Prof. Carlos Eduardo M. Maffei
Profa. Heloísa Helena S. Gonçalves
Prof. Pedro Wellington G. N. Teixeira

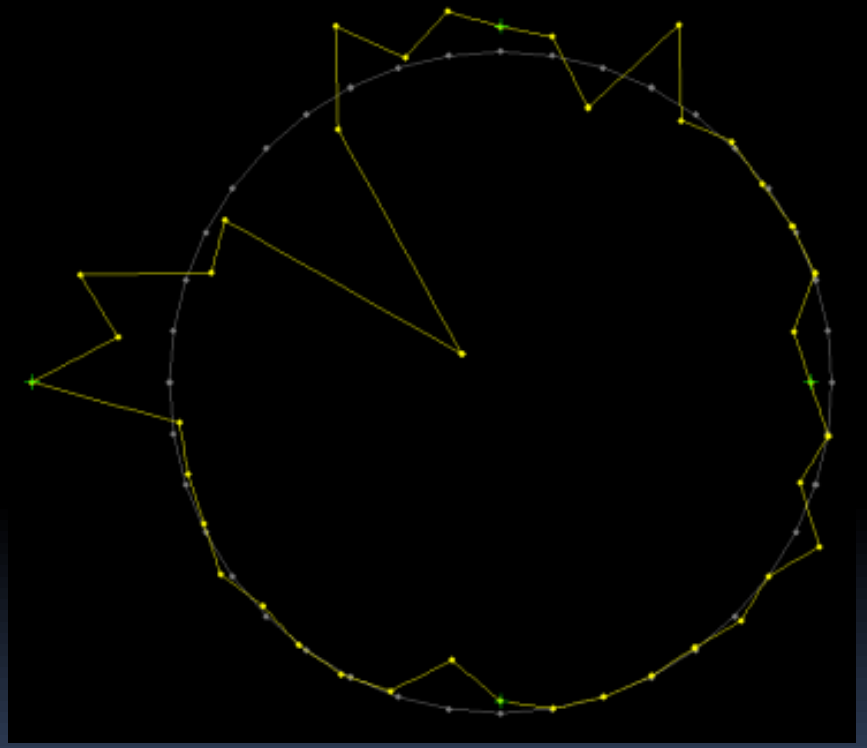
Introdução

- Nas obras subterrâneas há necessidade de considerar interação solo-estrutura. Exemplo de um túnel:



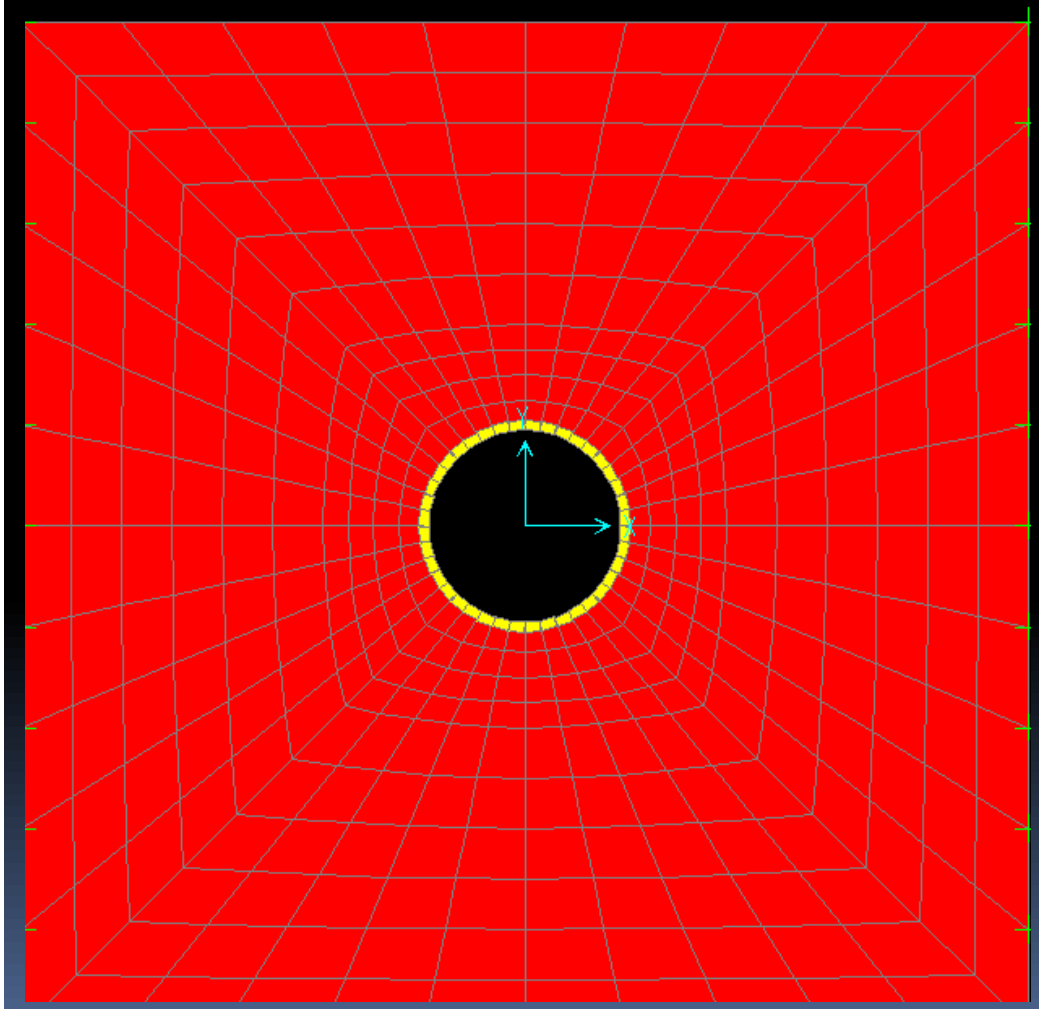
Modelo sem interação solo-estrutura



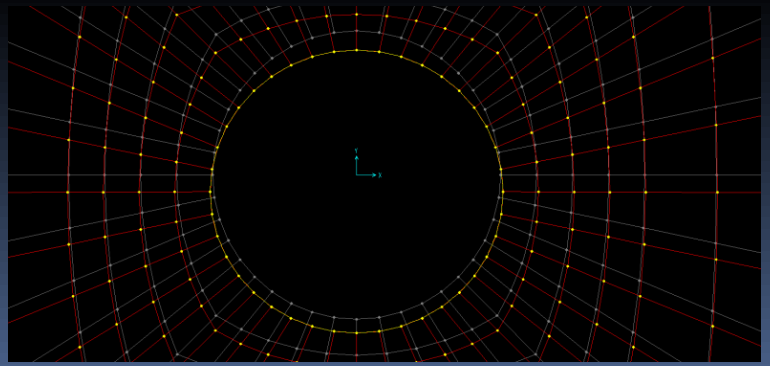


Barras articuladas – estrutura hipostática

Modelo com interação solo-estrutura



- Mesmo com as barras articuladas a estrutura não é hipostática!



Tipos de obras

- Provisórias:
  - Têm acompanhamento do construtor;
  - A mobilização é imediata e os imprevistos são resolvidos rapidamente;
  - Podem ser usados coeficientes de segurança menores que os das normas;
- Permanentes:
  - Devem ter os coeficientes de segurança das normas, os quais traduzem o pequeno risco de ruína: da ordem de 10^{-15}

Métodos construtivos

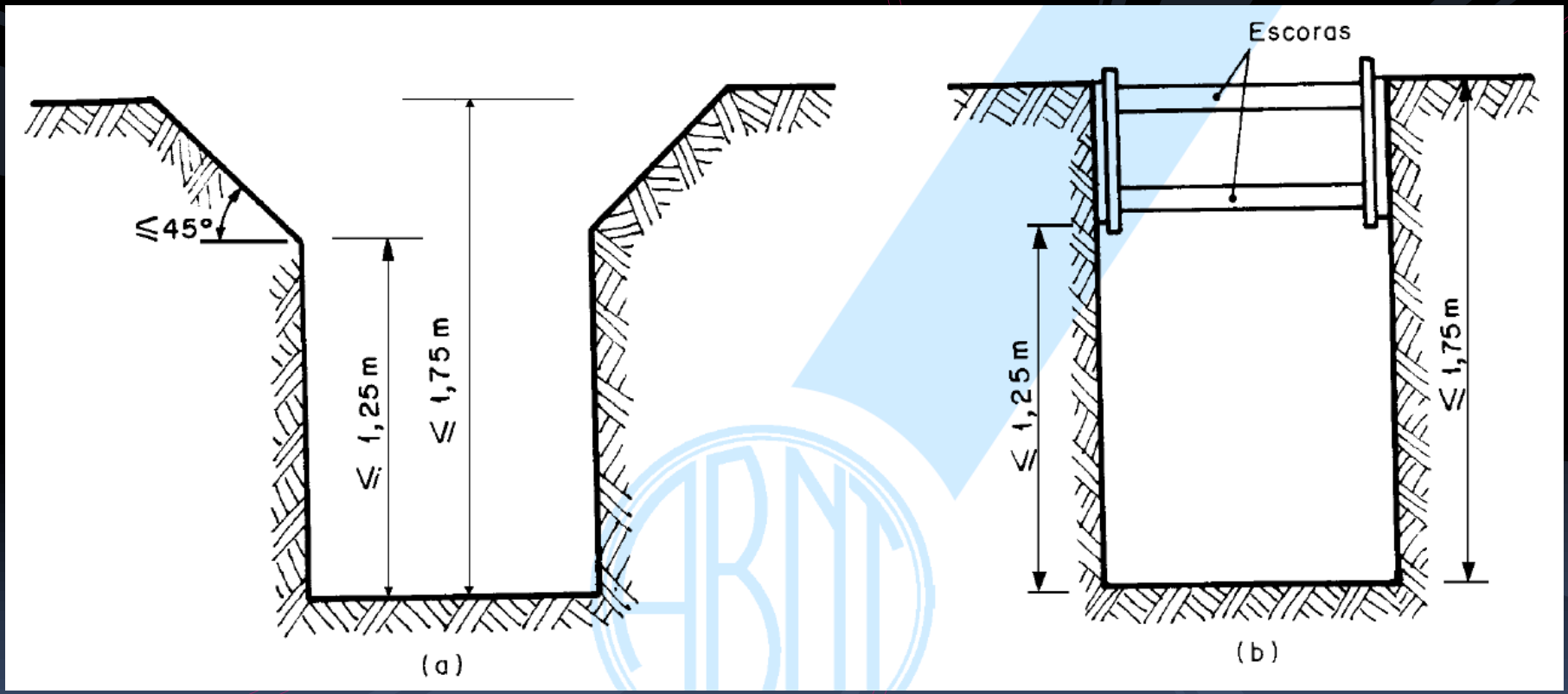
- Valas:
  - Método destrutivo, denominado método da trincheira, ou vala a céu aberto (VCA) ou ainda "cut and cover".
- Túneis:
  - Método não destrutivo: o túnel é aberto sem que se destrua a superfície, através de método subterrâneo.

Valas escoradas

- Não revestidas e não escoradas (unlined):
  - Pequenas profundidades (< 1,25m a 1,75m);
  - Em talude;
- Revestidas e escoradas (lined and braced):
  - Com estroncas;
  - Com ancoragens (atirantadas);

Vala não revestida padronizada

Conforme Item 12 da NBR 9061



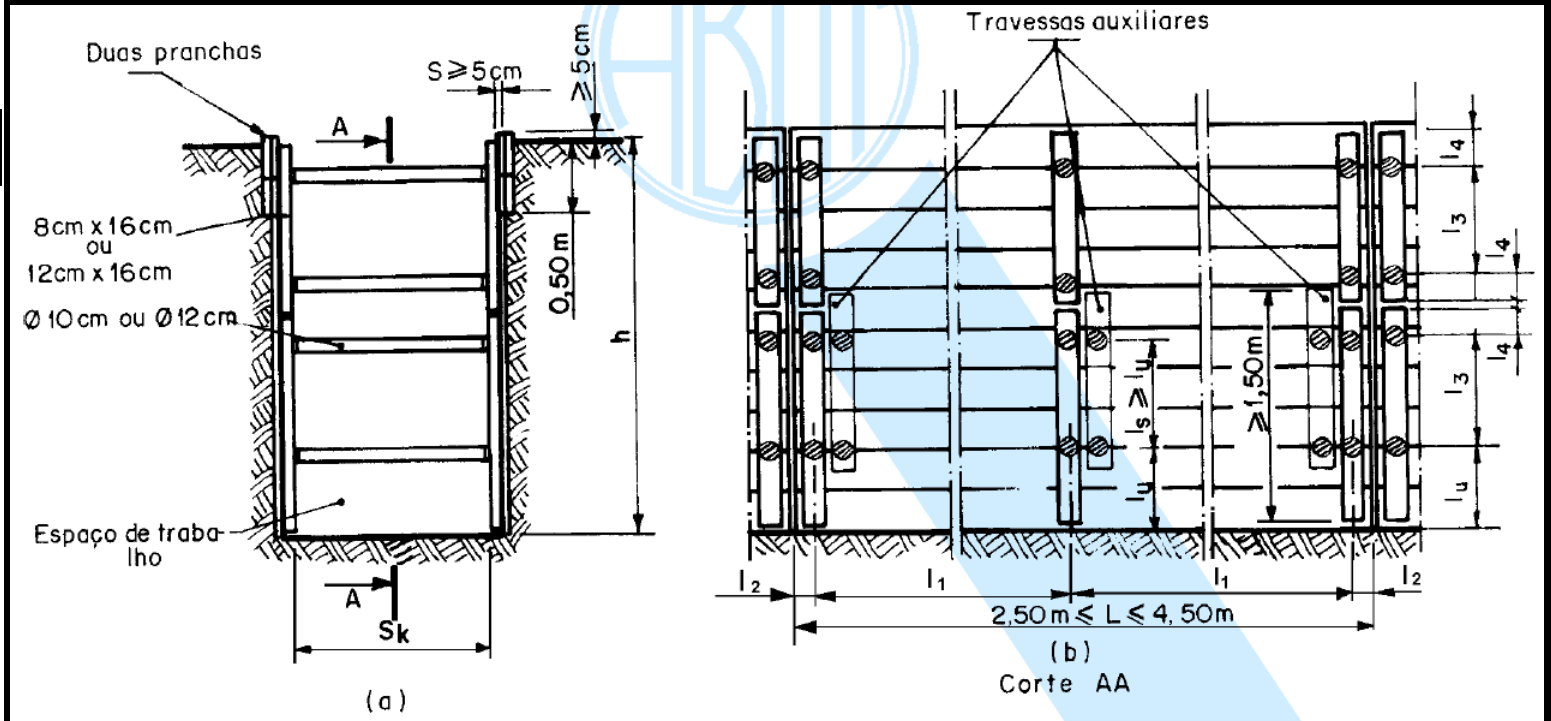


Tabela 3 - Escoramento com pranchas horizontais
Travas de 8,0 cm x 16,0 cm - Estronca ϕ 10,0 cm

Linha	Grandezas dimensionadas	Espessura S das pranchas				
		5 cm	6,3 cm			7,6 cm
1	Altura máxima h	3,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	5,00 m
2	Vão máximo l_1	1,90 m	2,10 m	2,00 m	1,90 m	2,10 m
3	Comprimento máximo do balanço l_2	0,50 m	0,50 m	0,50m	0,50m	0,50 m
4	Vão máximo das escoras l_3	0,70 m	0,70 m	0,65 m	0,60 m	0,60 m
5	Balanço l_4 das travessas	0,30 m	0,30 m	0,30 m	0,30 m	0,30 m
6	Balanço l_u das travessas	0,60 m	0,60 m	0,55 m	0,50 m	0,50 m
7	Comprimento S_k das estroncas	1,65 m	1,55 m	1,50 m	1,45 m	1,35 m
8	Carga máxima nas estroncas	31 kN	34 kN	37 kN	40 kN	43 kN

- Vala revestida escorada padronizada - conforme Item 12 da NBR 9061: pranchas horizontais

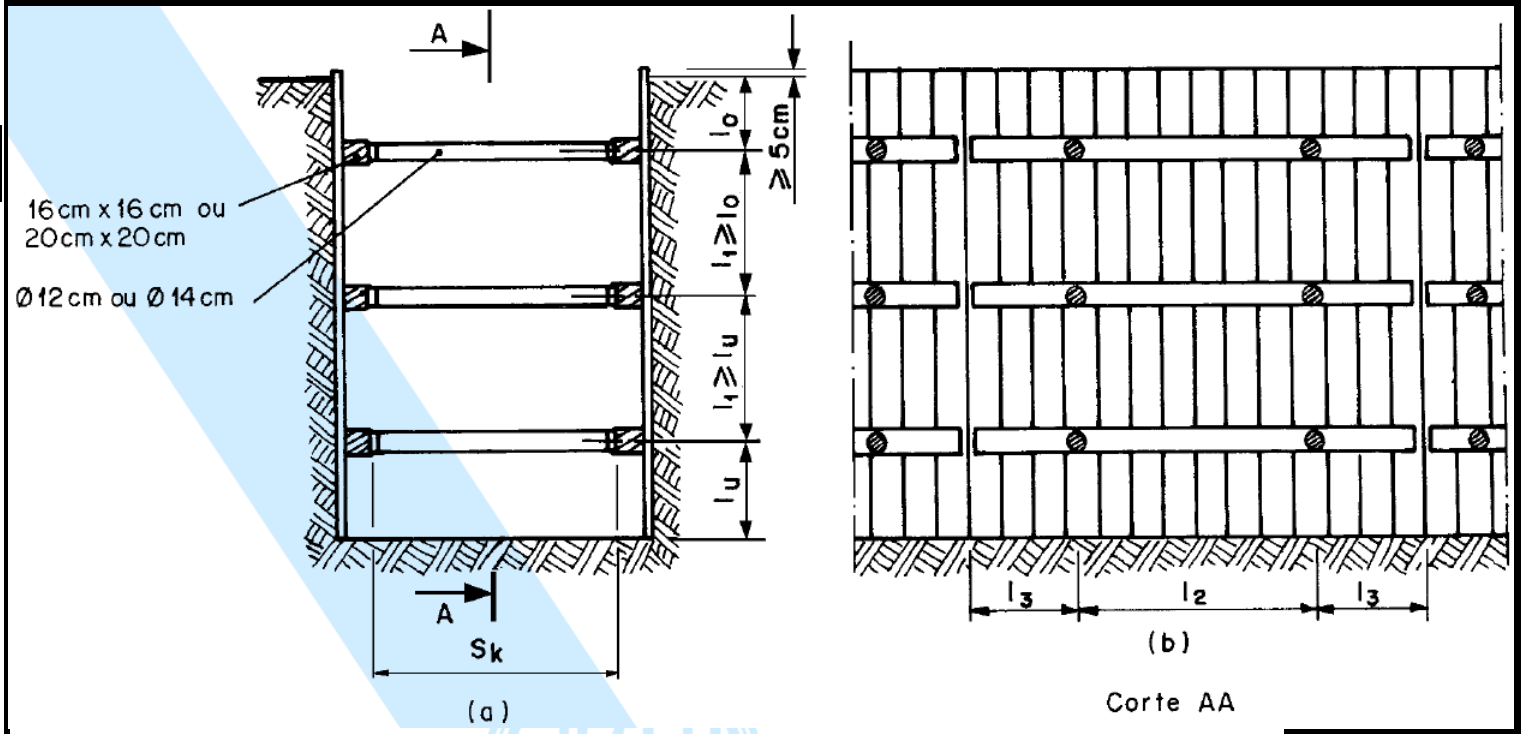
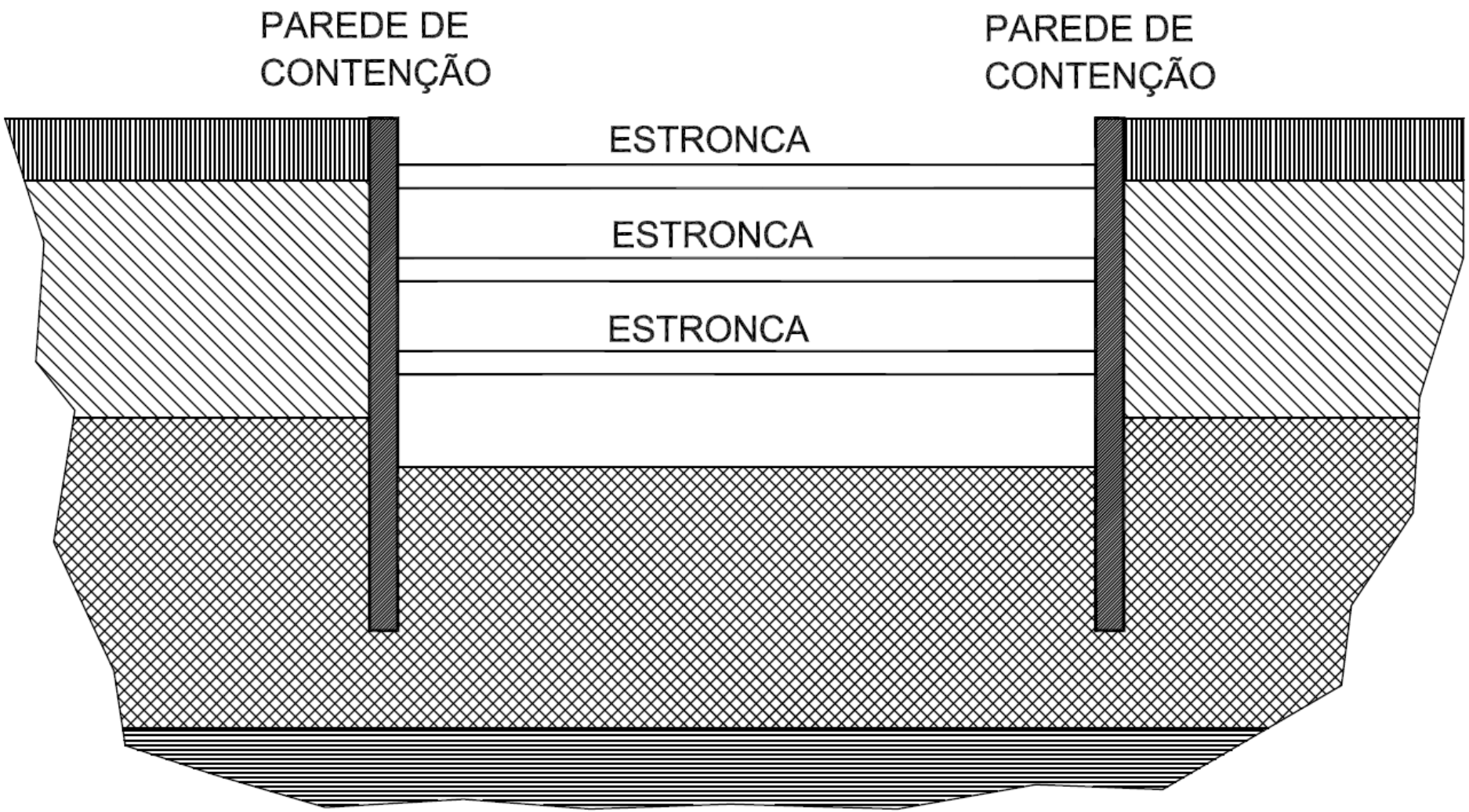


Tabela 5 - Escoramento com pranchas verticais
Longarinas (vigas) de 16 cm x 16 cm - Estronca ϕ 12 cm

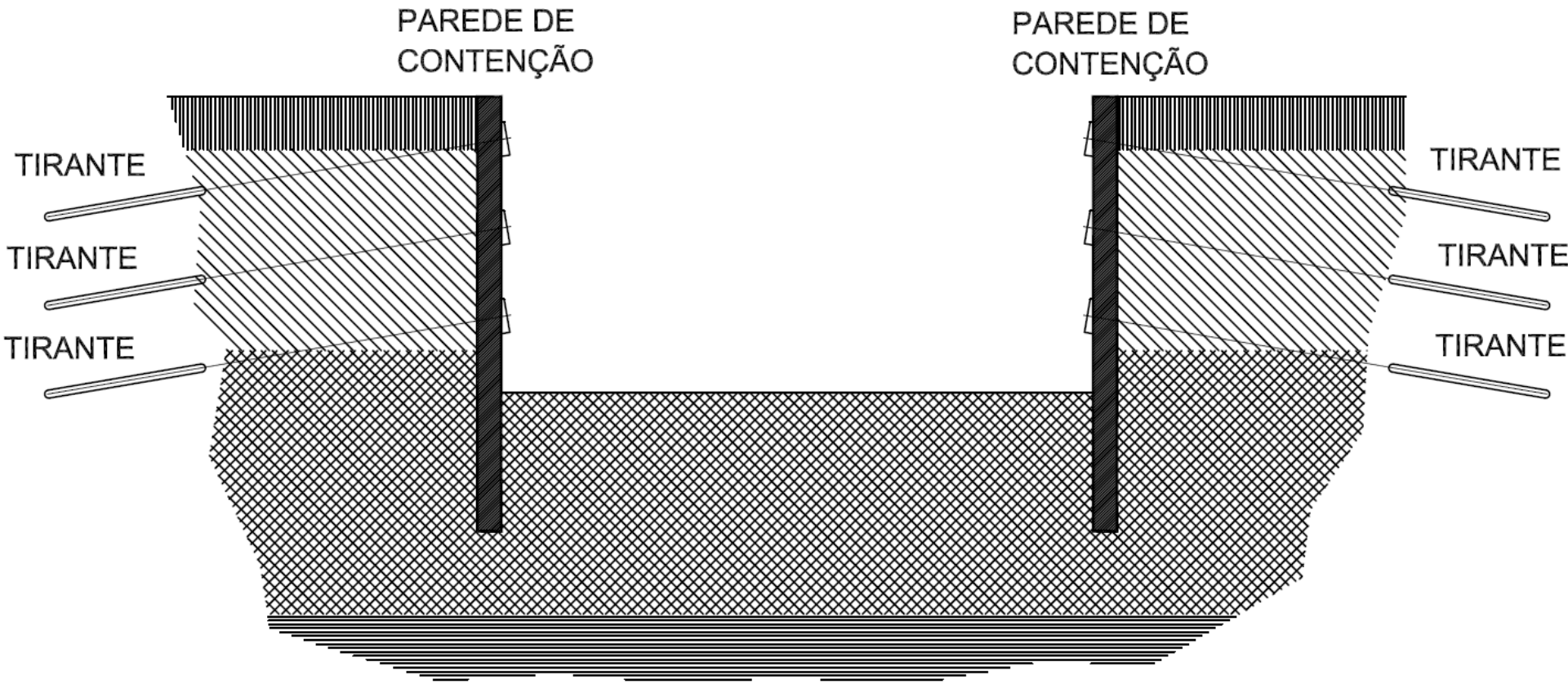
Linha	Grandezas dimensionadas	Espessura S das pranchas				
		5 cm	6,3 cm			7,6 cm
1	Altura máxima h	3,00 m	3,00 m	4,00 m	5,00 m	5,00 m
2	Comprimento máximo do balanço l_o	0,50 m	0,60 m	0,60 m	0,60 m	0,70 m
3	Vão máximo l_1	1,80 m	2,00 m	1,90 m	1,80 m	2,00 m
4	Comprimento máximo do balanço l_u	1,20 m	1,40m	1,30 m	1,20 m	1,40 m
5	Vão máximo l_2 das longarinas	1,60 m	1,50 m	1,40 m	1,30 m	1,20 m
6	Comprimento máximo do balanço l_3	0,80 m	0,75 m	0,70 m	0,65 m	0,60 m
7	Comprimento S_k das estroncas	1,70 m	1,65 m	1,50 m	1,30 m	1,25 m
8	Carga máxima nas estroncas	61 kN	62 kN	70 kN	79 kN	80 kN

- Vala revestida escorada padronizada - conforme Item 12 da NBR 9061: pranchas verticais

Vala escorada



Vala com paredes atirantadas



Elementos das valas escoradas

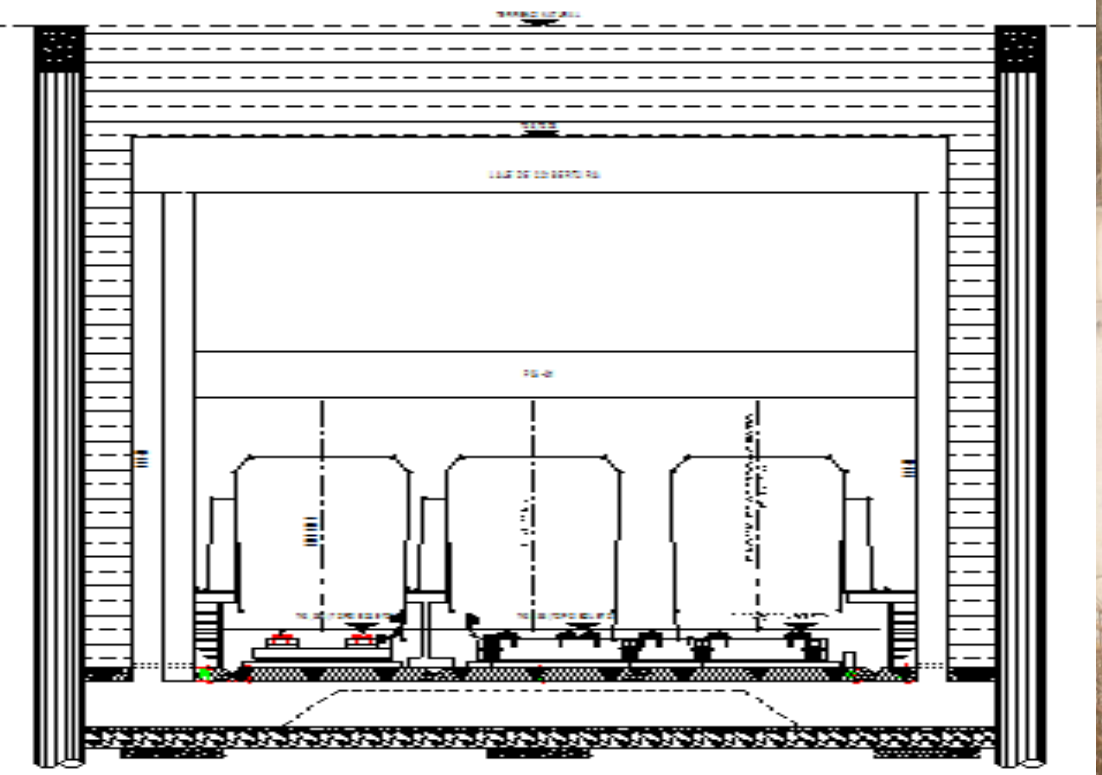
- Parede de contenção (paramento):
  - Contínuas;
  - Descontínuas;
- Escoramento:
  - Estroncas;
  - Longarinas;
  - Tirantes:
    - Ancoragens;
    - Barras ou cordoalhas;
    - Bulbo;

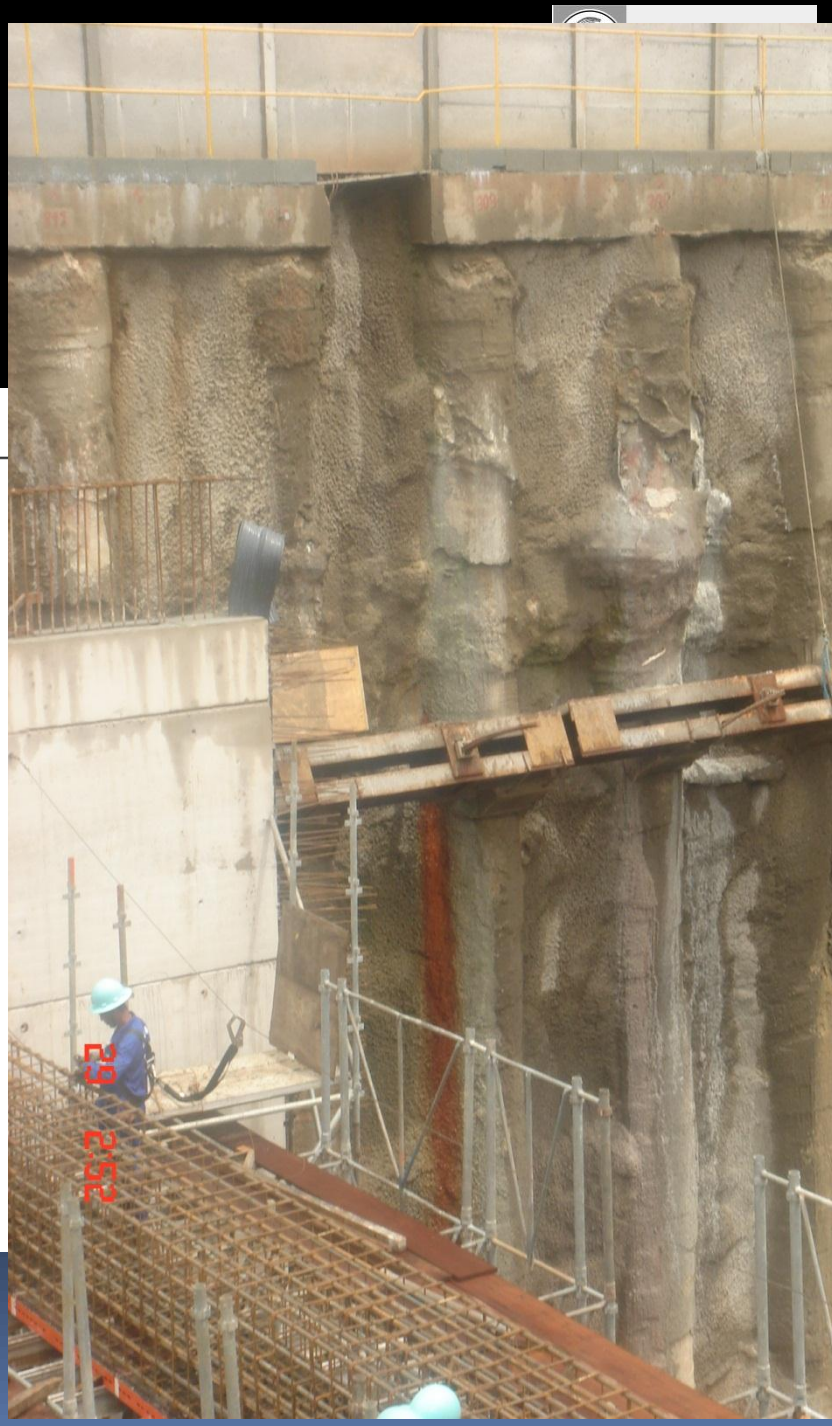
Parede descontínua em balanço

Universidade de São Paulo
Escola Politécnica



Parede descontínua atirantada



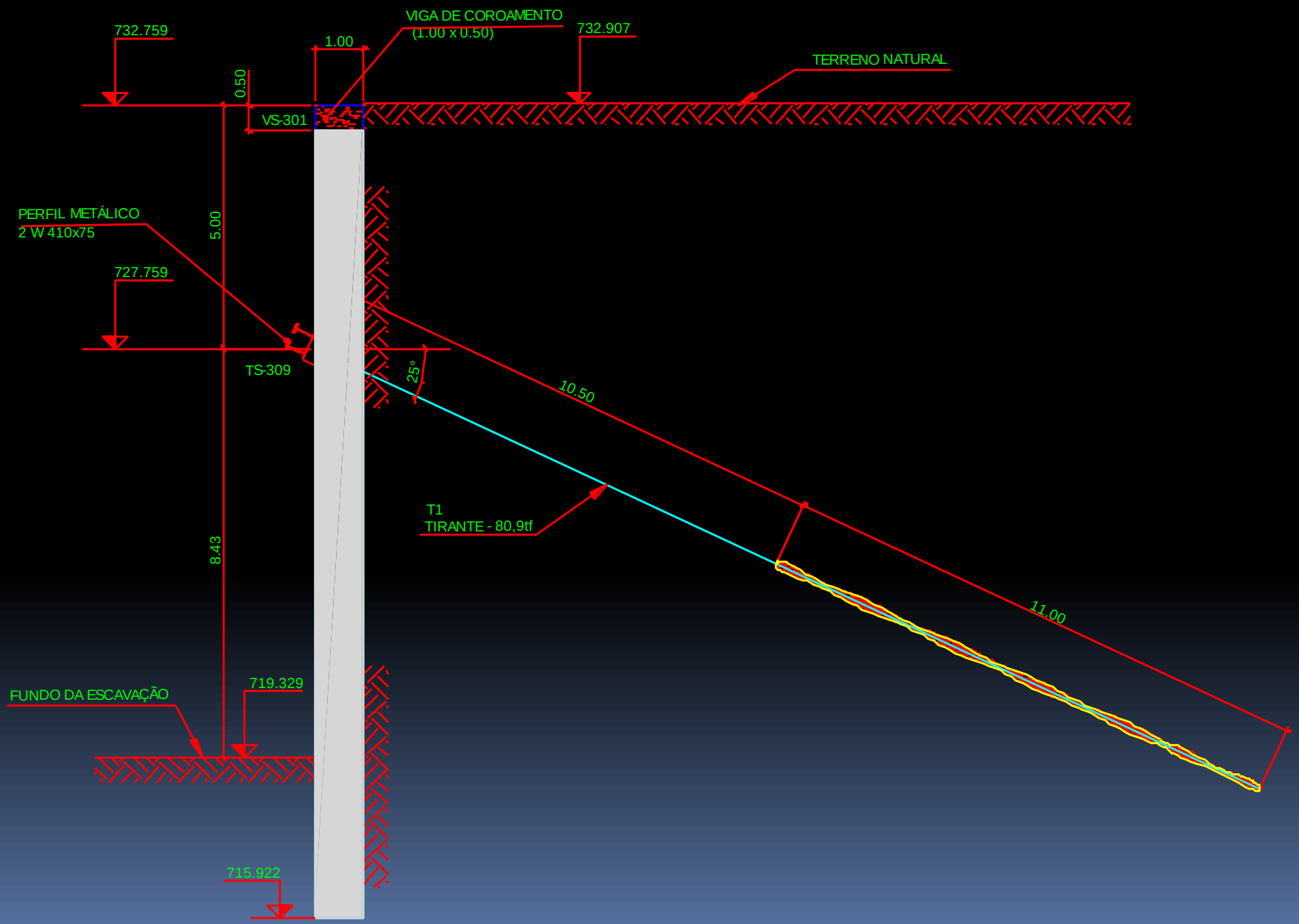


Ancoragens



Elementos de uma cortina atirantada

Universidade de São Paulo
Escola Politécnica



Parede contínua em balanço

Universidade de São Paulo
Escola Politécnica





Contenção com estacas prancha

Contenção com estacas prancha

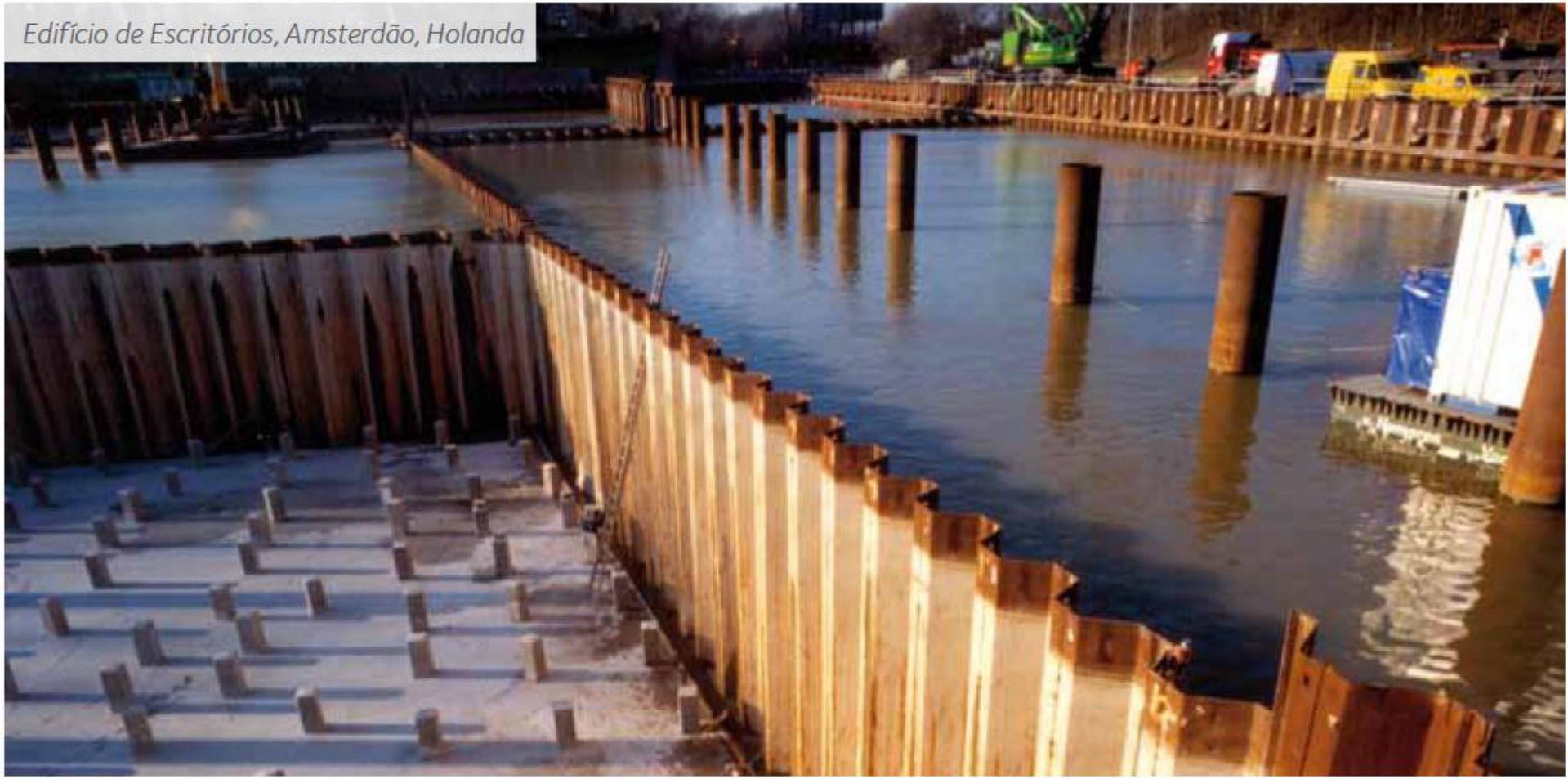


Contenção com estacas prancha



Dique, Hamburgo, Alemanha

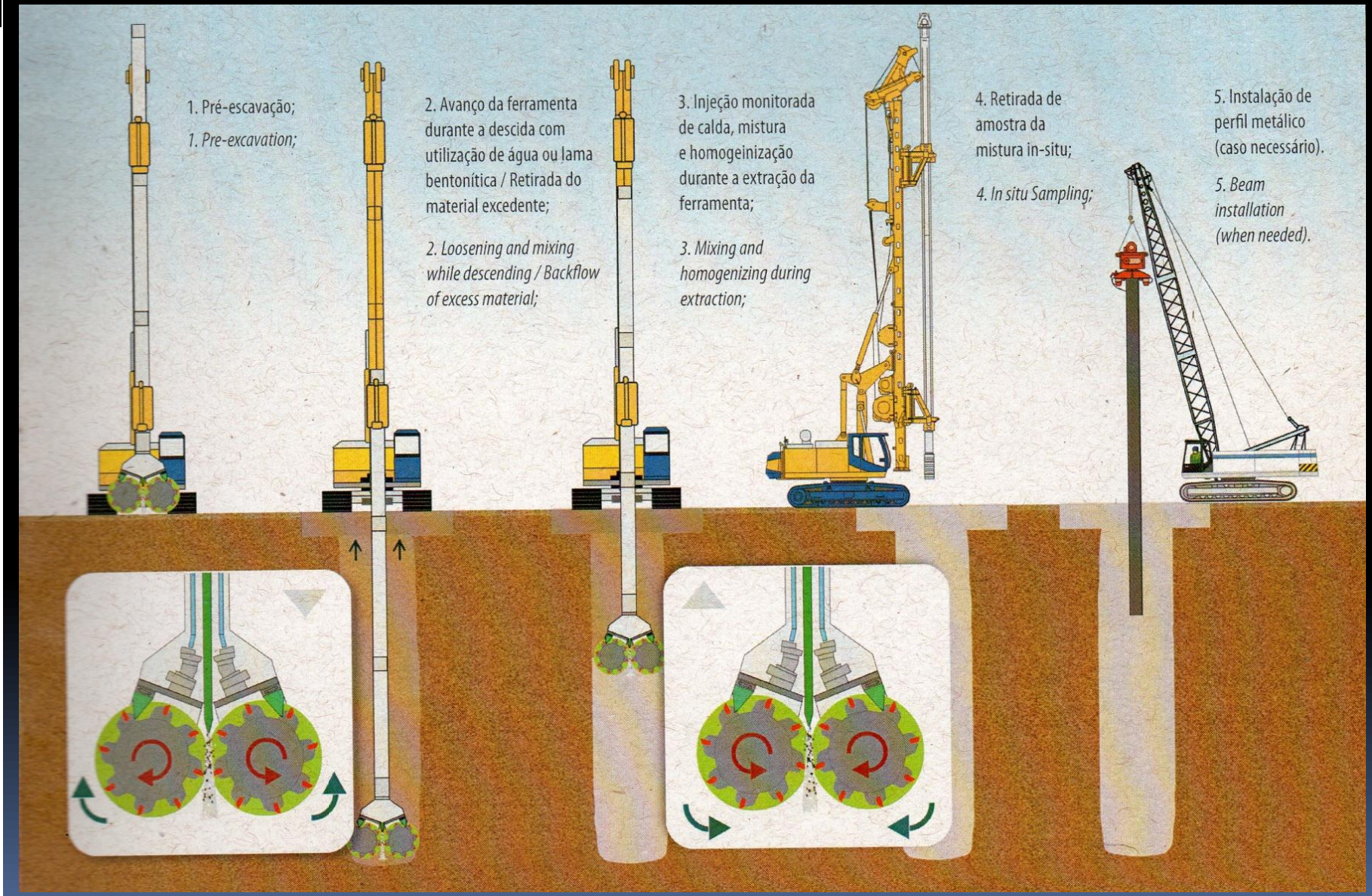
Contenção com estacas prancha



Edifício de Escritórios, Amsterdão, Holanda

Métodos especiais

Universidade de São Paulo
Escola Politécnica

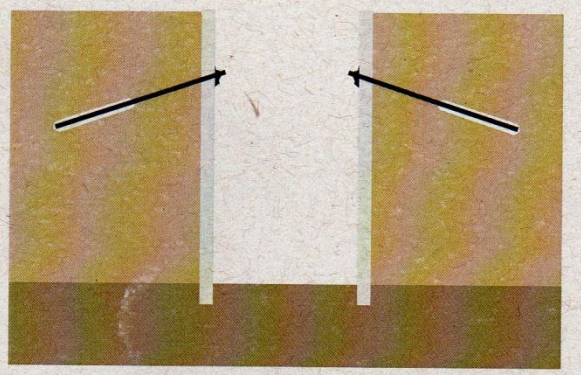


5.1 Parede estrutural e armada/Parede de contenção

5.1 Retaining Walls / Structural Wall

Aplicação
Application

Muros de Contenção
/ Retaining Walls



Vantagens
Advantages

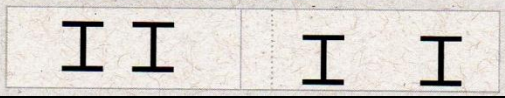
Enquanto no método tradicional, os perfis metálicos podem ser posicionados apenas no centro das colunas, através do Método CSM, estes podem ser posicionados em qualquer ponto dos painéis.

Whereas using traditional method the reinforcement is positioned only at the centre of the columns, through CSM Method these can be positioned anywhere within the panels.

Método tradicional (Estaca Secante) /
Traditional Method (Secant Pile Wall)



Método CSM / CSM Method

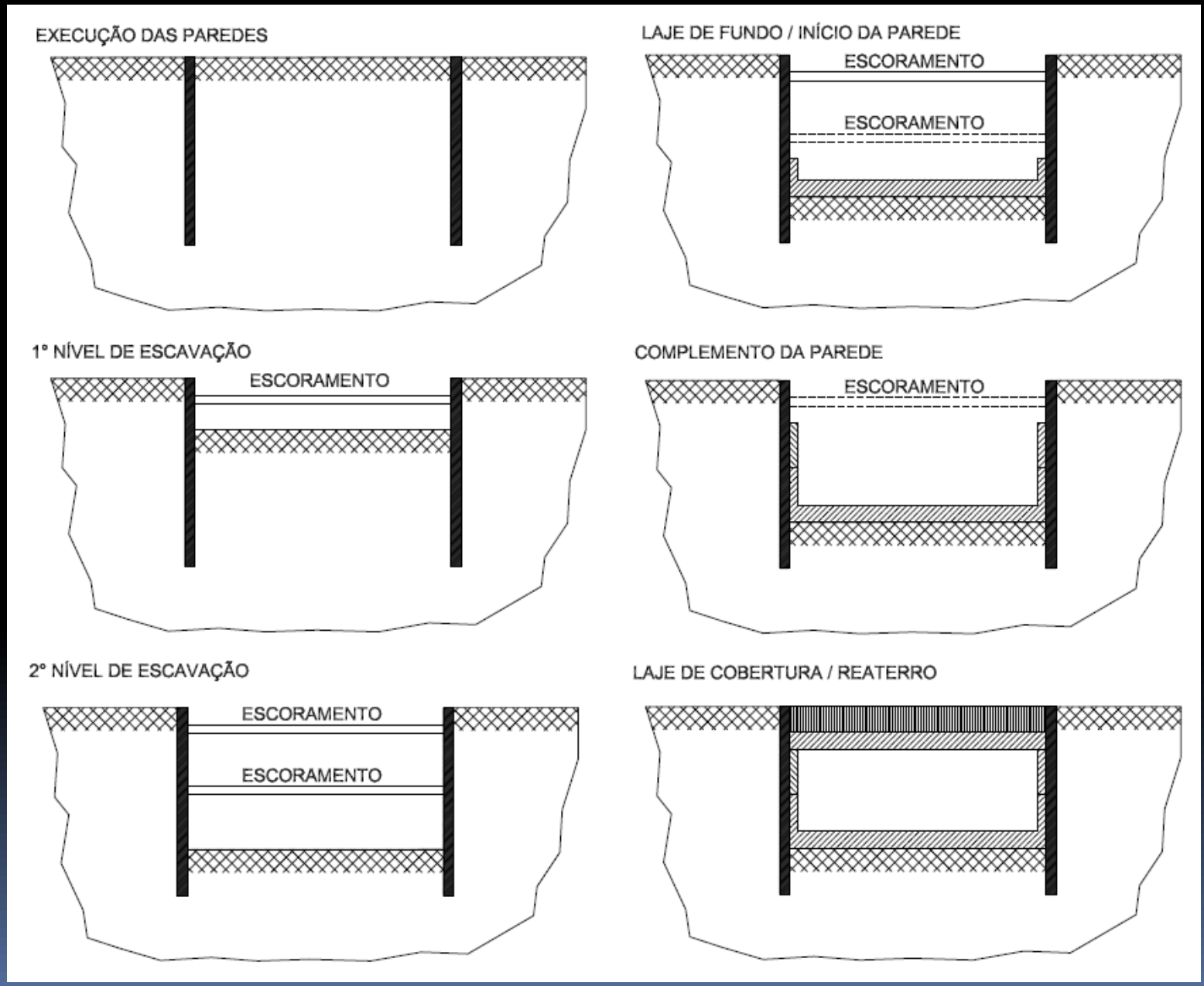




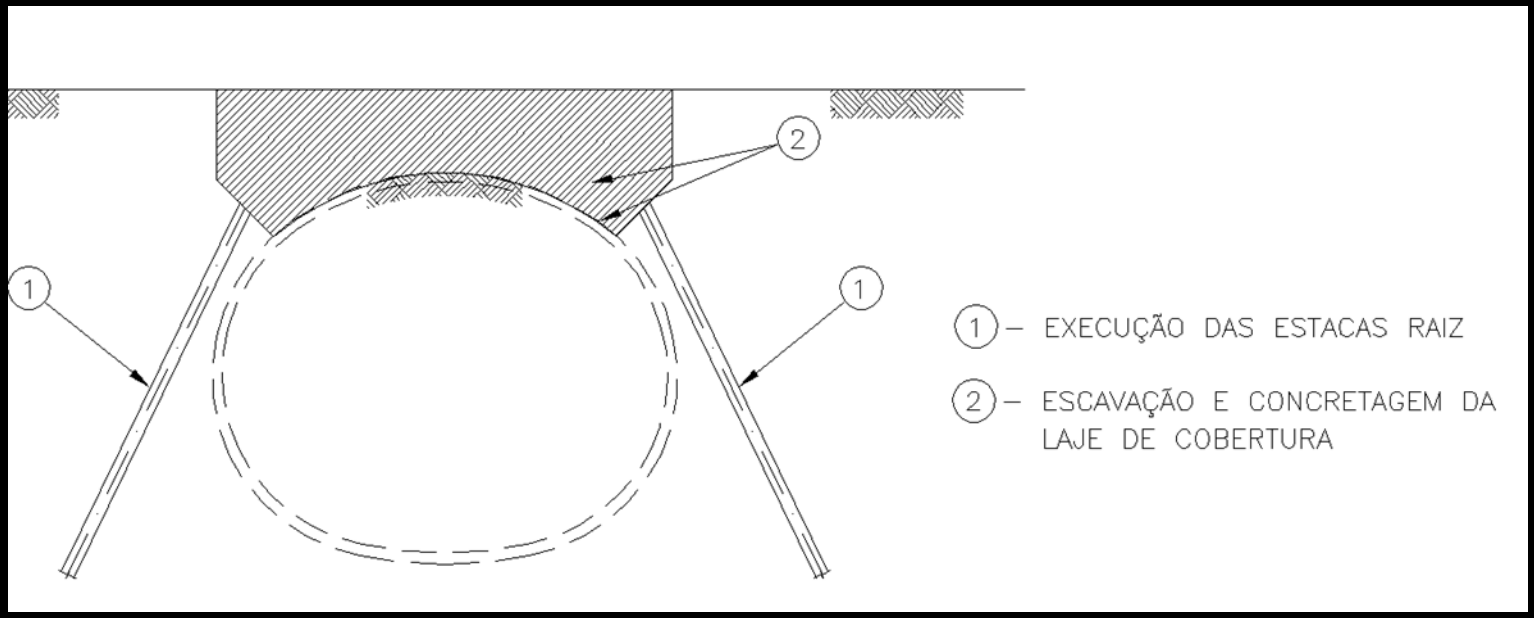


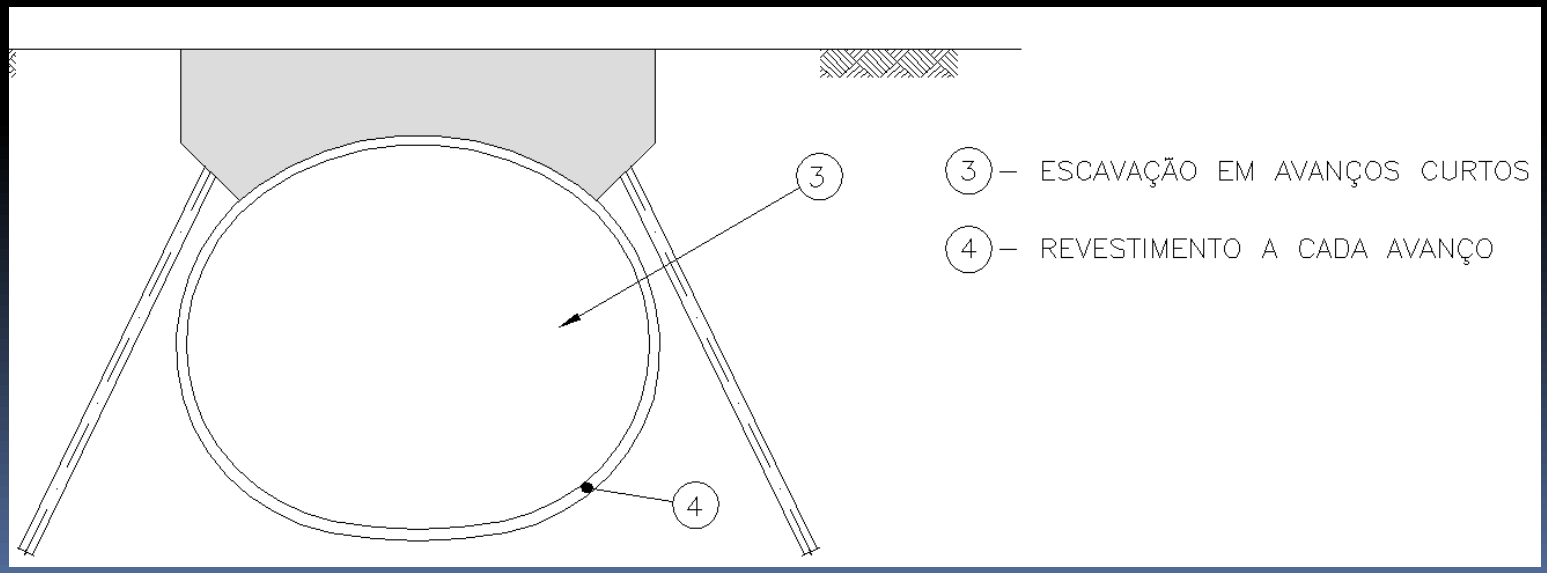
Exemplo de método construtivo

Universidade de São Paulo
Escola Politécnica



Solução especial – Metrô de Brasília

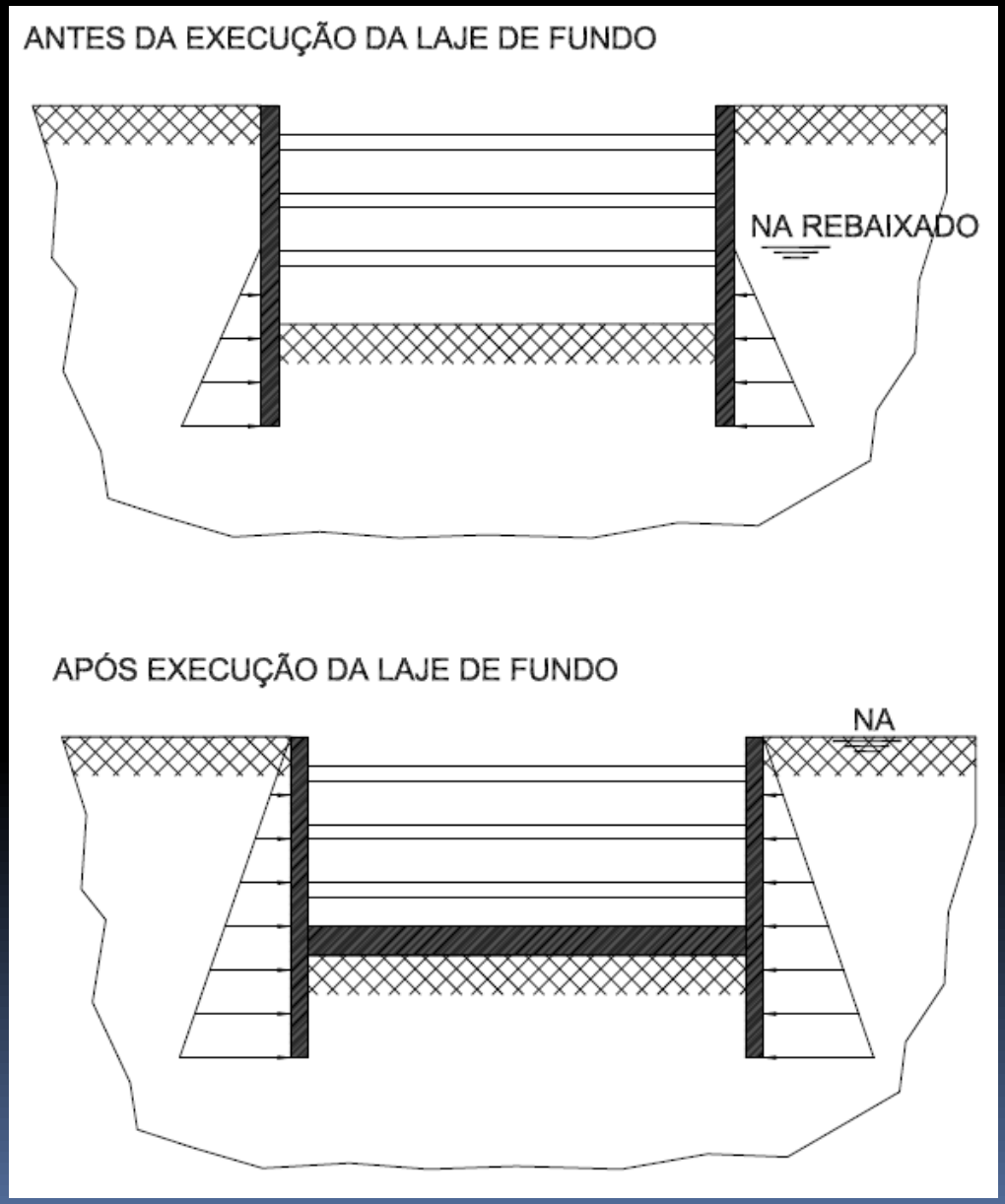




Rebaixamento do NA

Universidade de São Paulo
Escola Politécnica

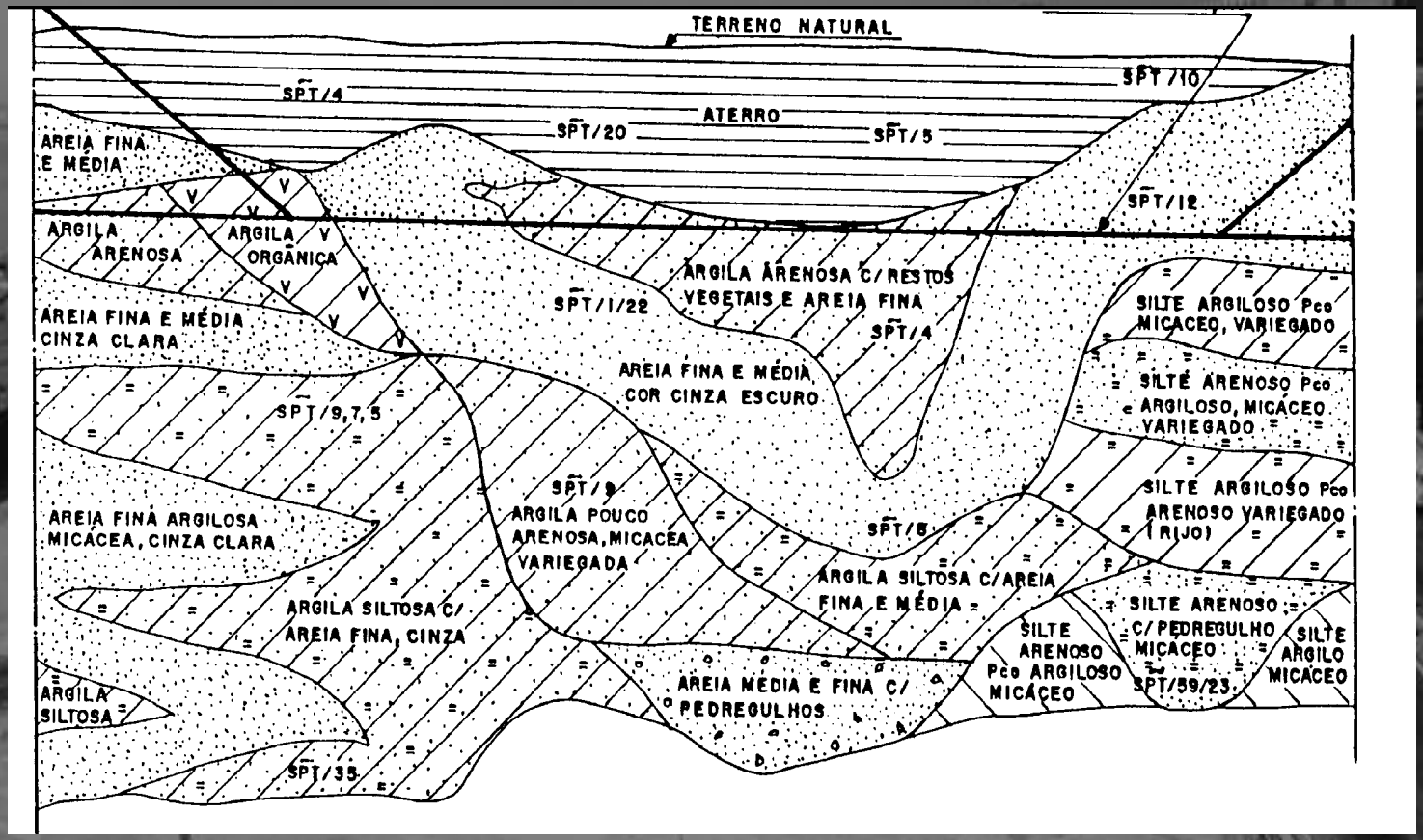
- Caso de paredes descontínuas em solo de alta permeabilidade: caso mais usual.
- Pode ser usado também no caso de paredes contínuas para reduzir a ficha necessária antes da execução da laje de fundo, conforme esquema ao lado.



Estudo de caso: Praça XV (Rio de Janeiro) – Maffei Engenharia

Uma Utilização Pioneira de Jet Grouting

Perfil geológico



Uma Utilização Pioneira de Jet Grouting

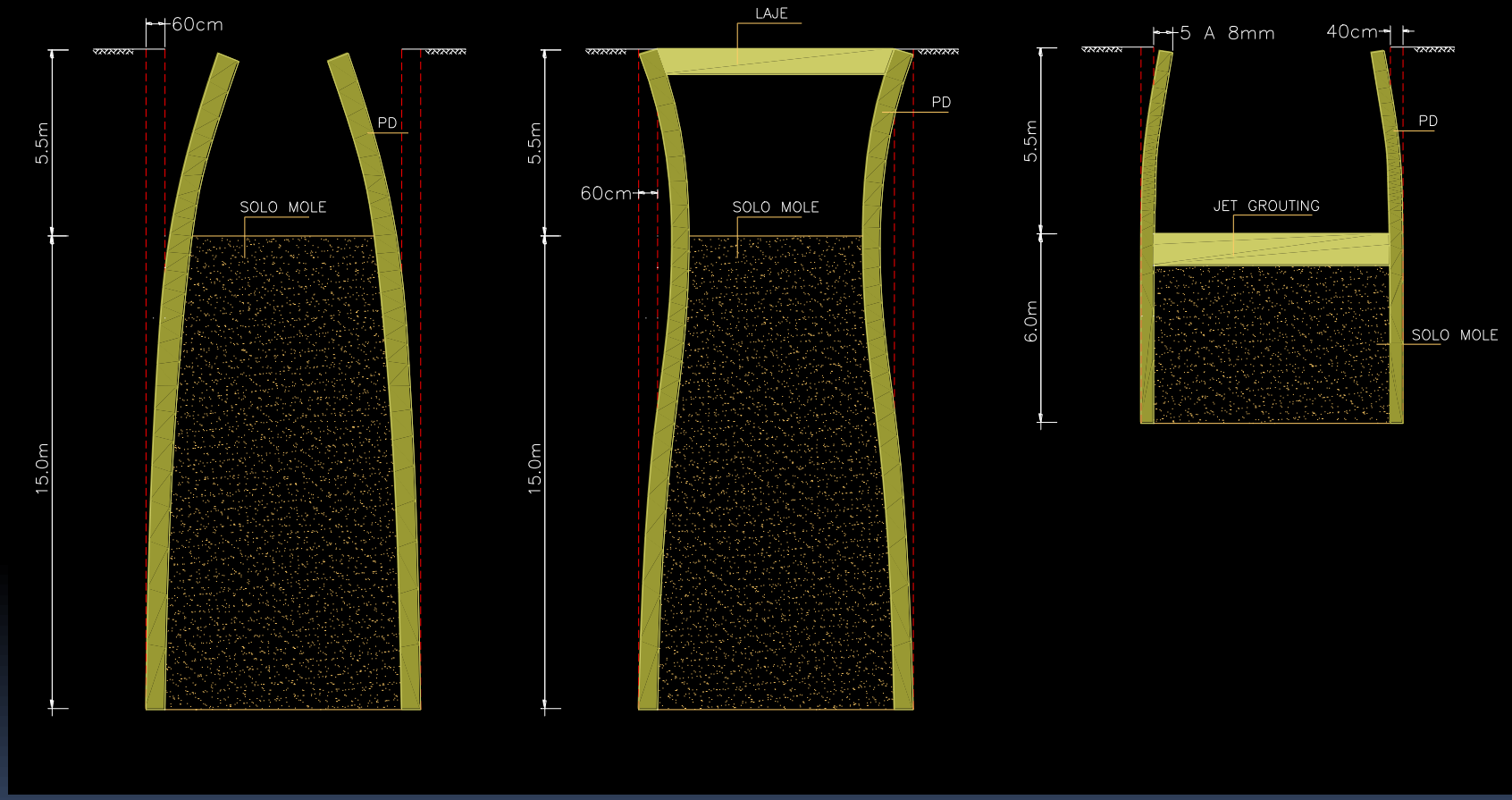


Metodo construtivo convencional

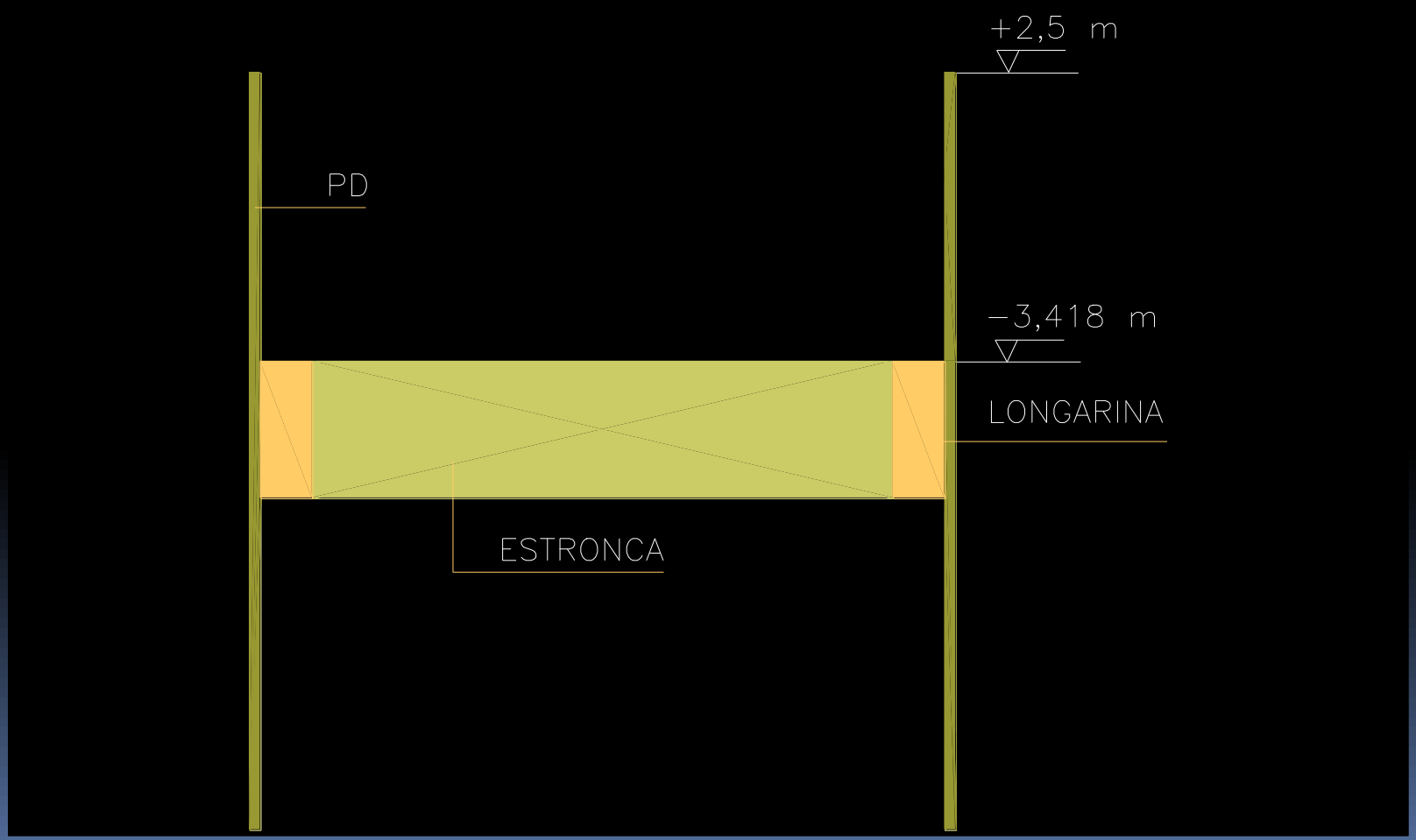
-

Complexidade de execução
- Estroncamento provisório
- Rebaixamento do lençol freático
- Realimentação do lençol freático

Margem para estudos

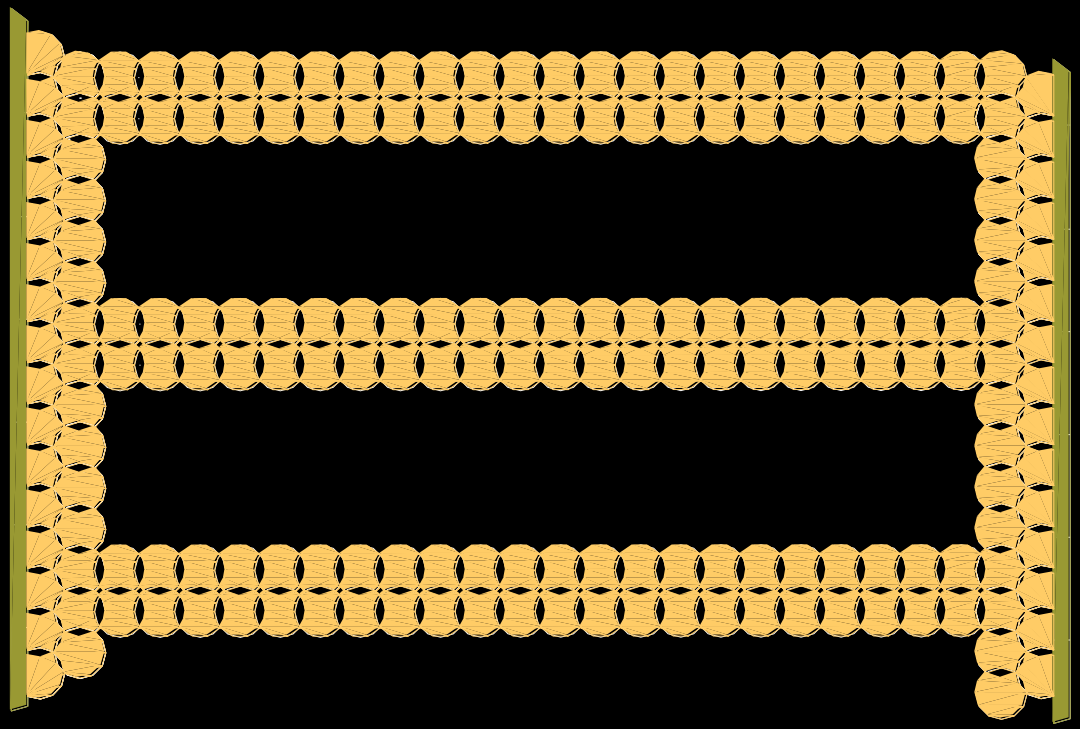

60cm
5.5m
PD
SOLO MOLE
15.0m
LAJE
PD
5.5m
60cm
SOLO MOLE
15.0m
5 A 8mm
40cm
PD
5.5m
JET GROUTING
6.0m
SOLO MOLE

Estroncamento e tampão de fundo em jet-grouting (perfil)



Estroncamento e tampão de fundo em Jet Grouting (planta)

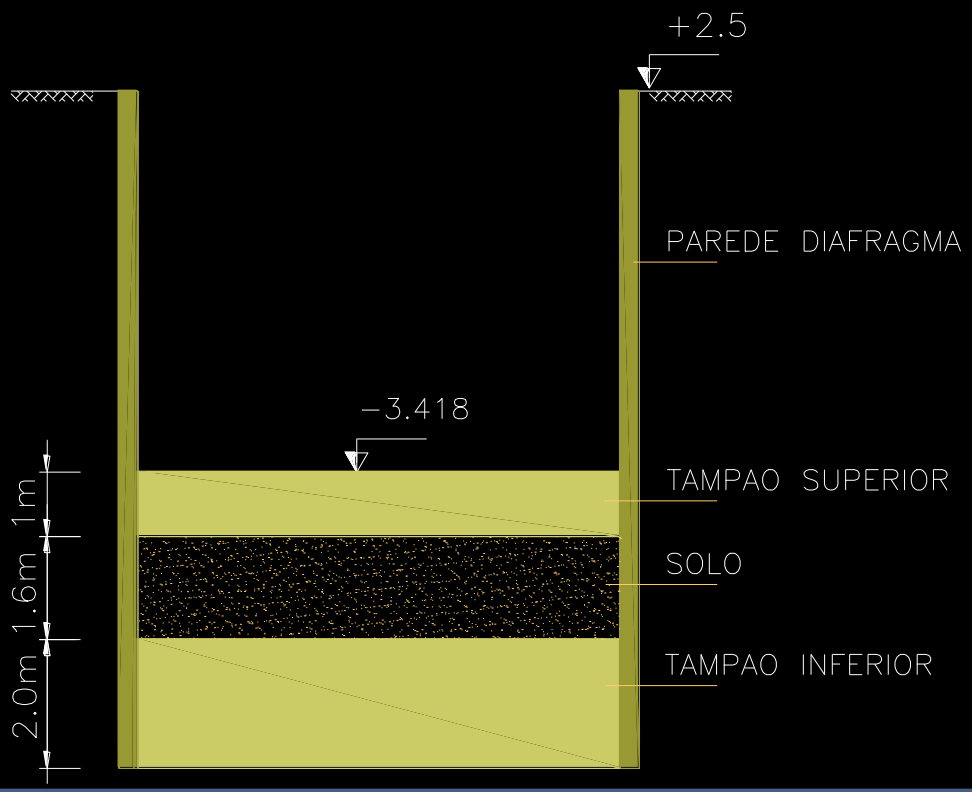
Longarina: transfere reação da parede para a estronca
Estronca: garante estabilidade da parede diafragma



Estroncamento e tampão de fundo em Jet Grouting

Tampão inferior equilibra subpressão

Tampão superior responde às solicitações na fase provisória









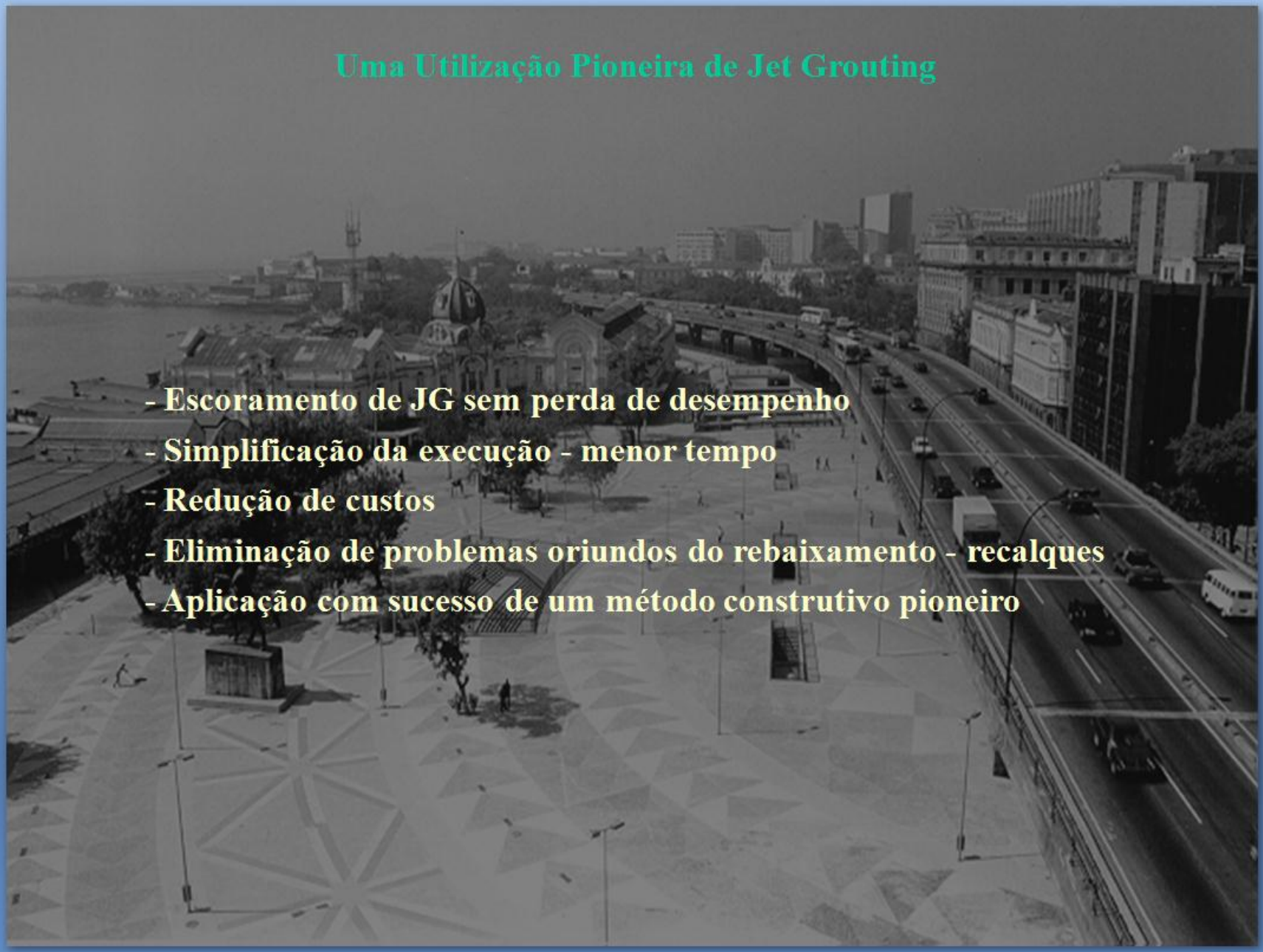











Uma Utilização Pioneira de Jet Grouting
- Escoramento de JG sem perda de desempenho
- Simplificação da execução - menor tempo
- Redução de custos
- Eliminação de problemas oriundos do rebaixamento - recalques
- Aplicação com sucesso de um método construtivo pioneiro