17° Congresso Nacional de Geotecnia

10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia

11º Encontro de Jovens Geotécnicos

PRÉMIO RICARDO ESQUÍVEL TEIXEIRA DUARTE

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Sociedade Portuguesa de Geotecnia

ABMS Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

17CNG

Lisboa • LNEC

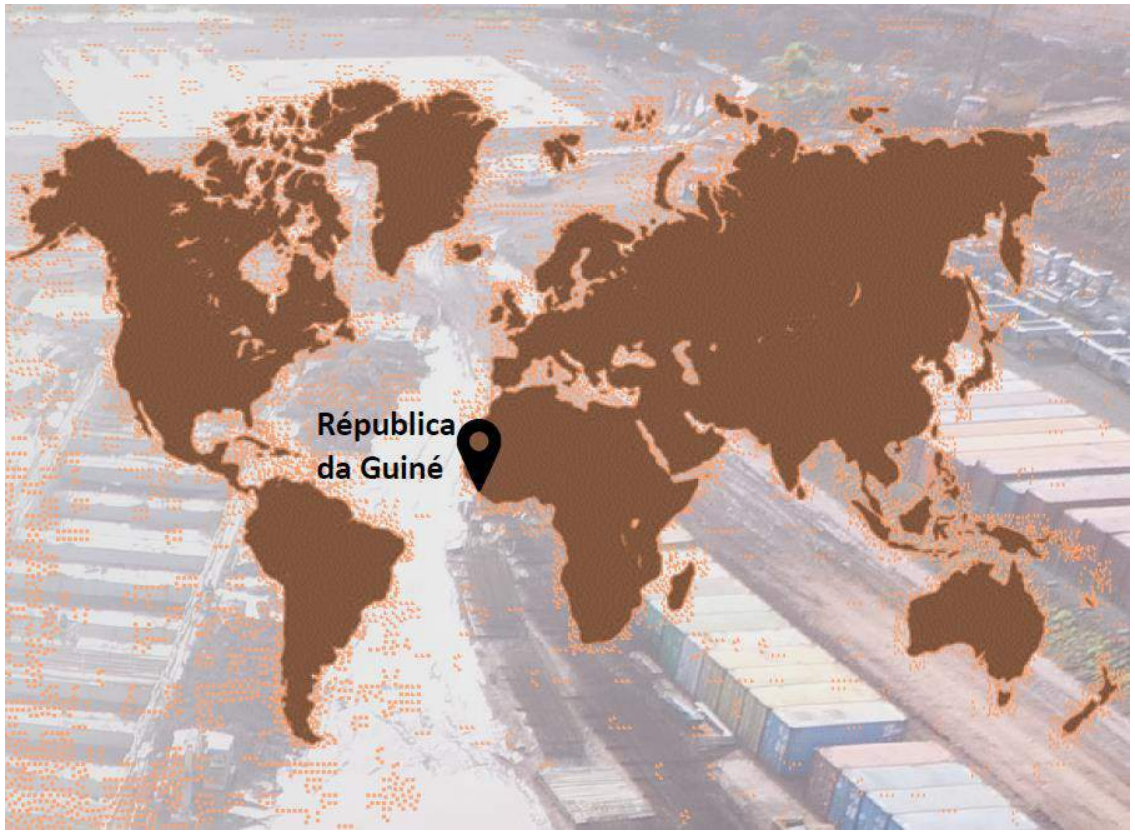
14-17 • novembro • 2021

PRÉMIO RICARDO ESQUÍVEL TEIXEIRA DUARTE

POÇO DE EXTRAÇÃO DE MINÉRIO NA RÉPUBLICA DA GUINÉ (CONAKRI)

Fartaria, Catarina, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, cfartaria@jetsj.com*
Tomásio, Rui, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, rtomásio@jetsj.com*
Pisco, Guilherme, *Tetraplano, Lisboa, Portugal, g.pisco@jetsj.com*
Azevedo, José, Ex-Tecnasol, Lisboa, Portugal, jose.azevedo@trixial.pt*
Costa, Joel, Ex-Tecnasol, Lisboa, Portugal, joel.costa@keller.com*
*cobaloradores da Tecnasol à data do presente trabalho

Ficha Técnica do Projeto - Descrição



Localização: Porto de Kamsar, Républica da Guiné (Conakri)

Descrição sumária da Obra:
Poço de extração de minério materializado através de poço circular vertical e trincheira com escavação ao abrigo de paredes moldadas

Quantidades:
Cerca de 14.000m^2 de parede moldada
Cerca de 55.000m^3 de escavação

Data de início/fim do Projeto: 2015-2016
Data de início/fim da Obra: 2016-2018

Ficha Técnica do Projeto - Entidades

Dono de Obra:
Compagnie des Bauxites de Guinée

Empreiteiro Geral:
Tecnasol, FGE Fundações e Geotecnia

Projetista Escavação e Contenção Periférica e Projetista de Fundações:
Tecnasol, FGE Fundações e Geotecnia

Consultor Análises Tridimensionais:
JETsj, Geotecnia

Revisor de Projeto:
Mueser Rutledge Consulting Engineers

Índice

- INTRODUÇÃO
- ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Introdução

17CNG

República da Guiné – Conakri / Porto de Kamsar

Fonte: Google Earth Pro

Introdução

República da Guiné

- ✓ Um dos maiores produtores de bauxite do mundo;
- ✓ Detém cerca de um terço das reservas mundiais identificadas mundialmente;
- ✓ Exploração aumentou na última década o que motivou a construção de mais infraestuturas.

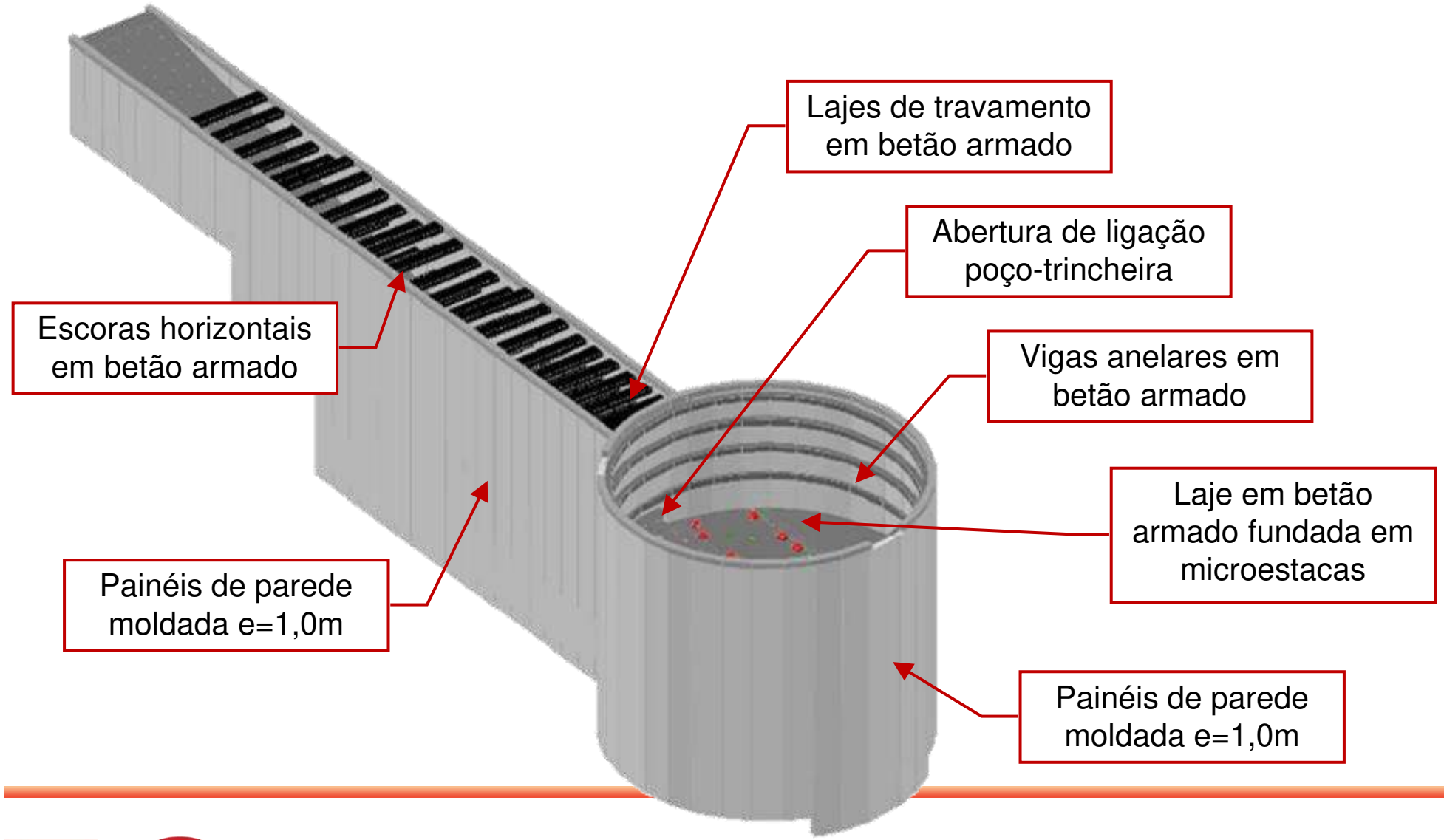
Obra

- ✓ Poço de extração de bauxite;
- ✓ Poço circular com acesso por trincheira inclinada;
- ✓ Geometria particular: Trincheira não colinear com o centro do poço.

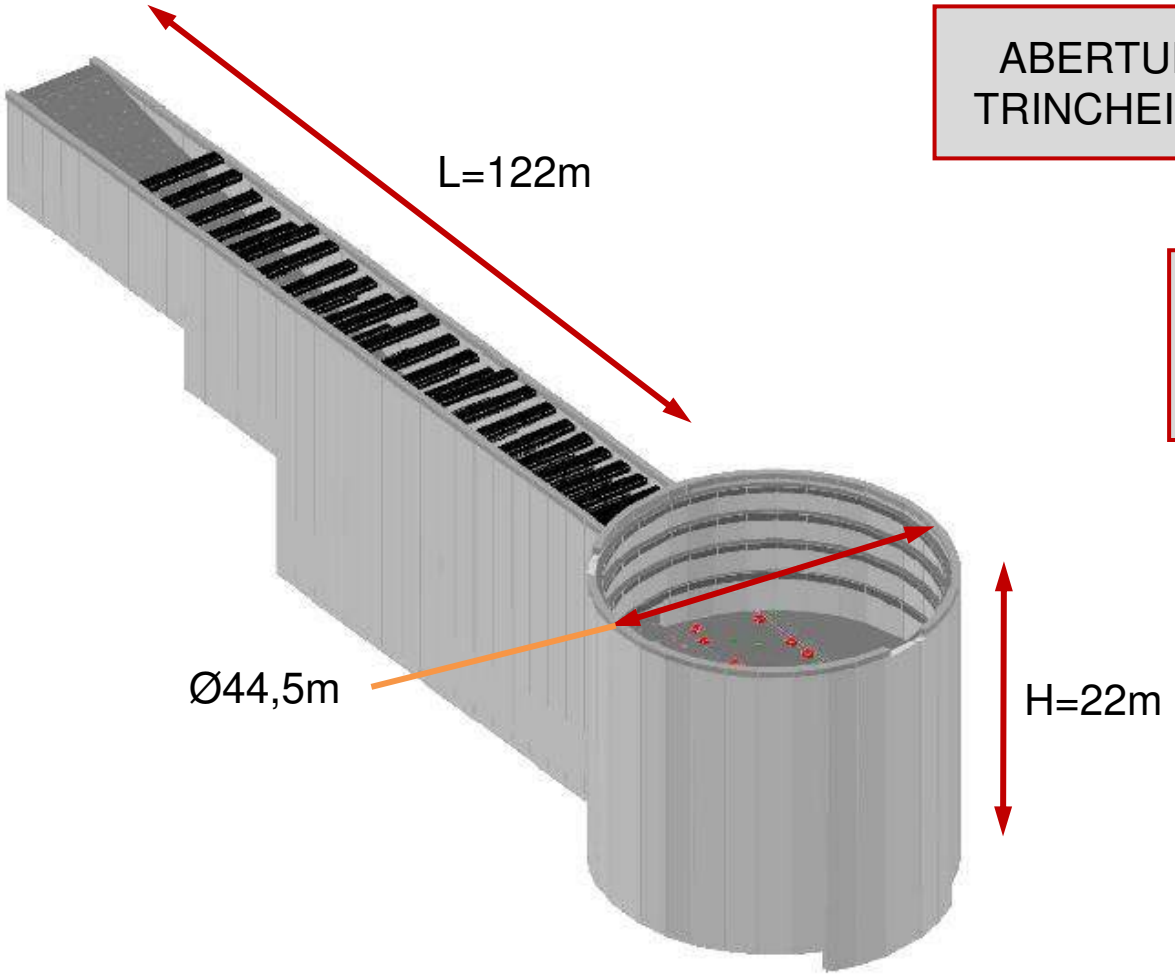
Introdução

Fonte: Google Earth Pro

Introdução

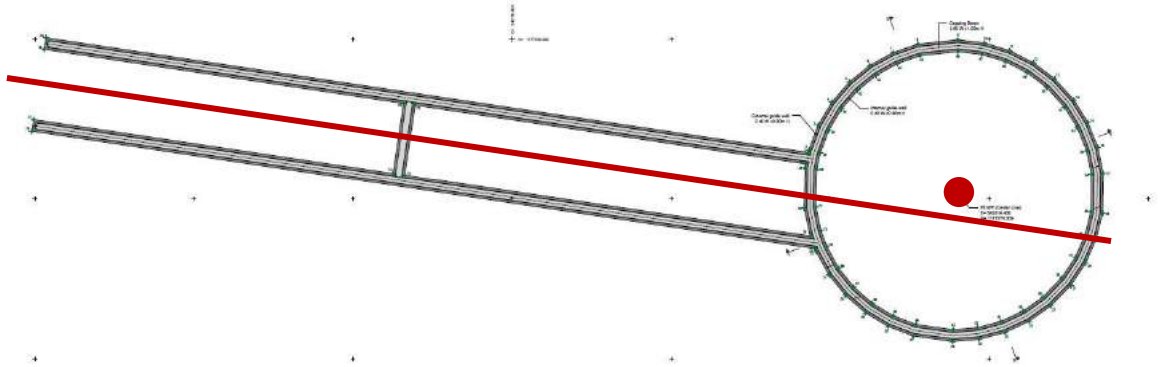

Lajes de travamento em betão armado
Abertura de ligação poço-trincheira
Escoras horizontais em betão armado
Vigas anelares em betão armado
Laje em betão armado fundada em microestacas
Painéis de parede moldada e=1,0m
Painéis de parede moldada e=1,0m

Introdução



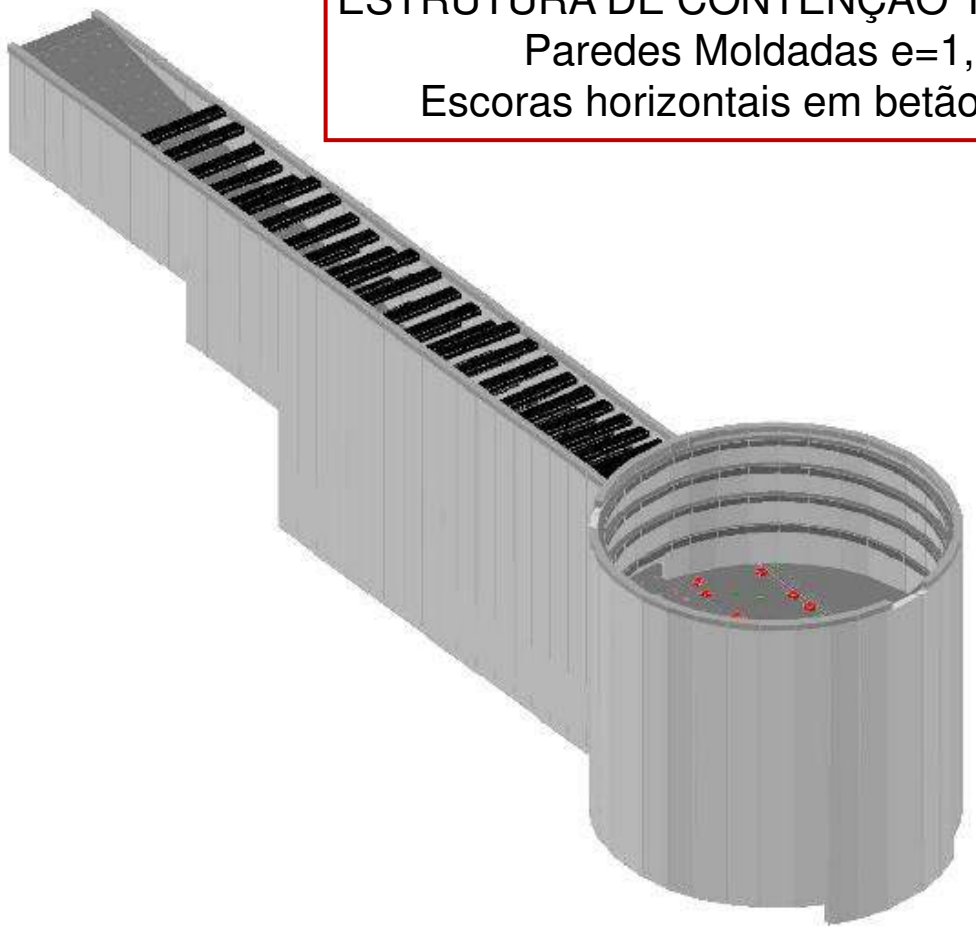
ABERTURA ENTRE TRINCHEIRA E POÇO

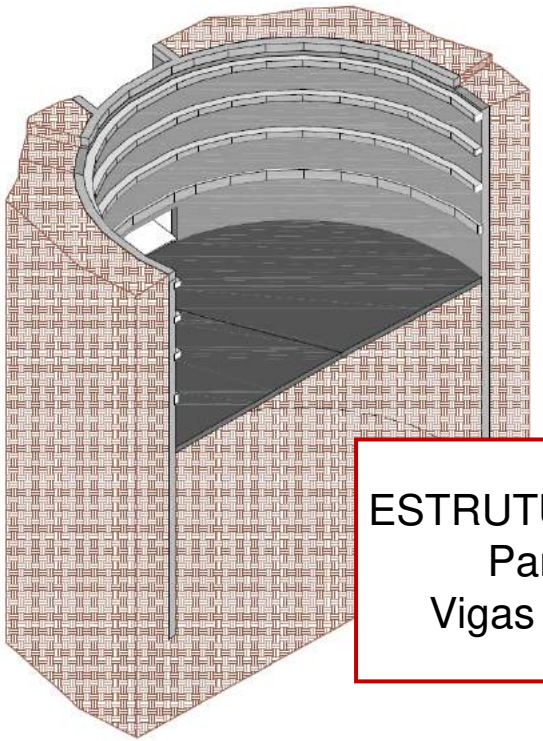
EIXO TRINCHEIRA NÃO COLINEAR COM O CENTRO DO POÇO



Introdução

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO TRINCHEIRA
Paredes Moldadas e=1,0m
Escoras horizontais em betão armado



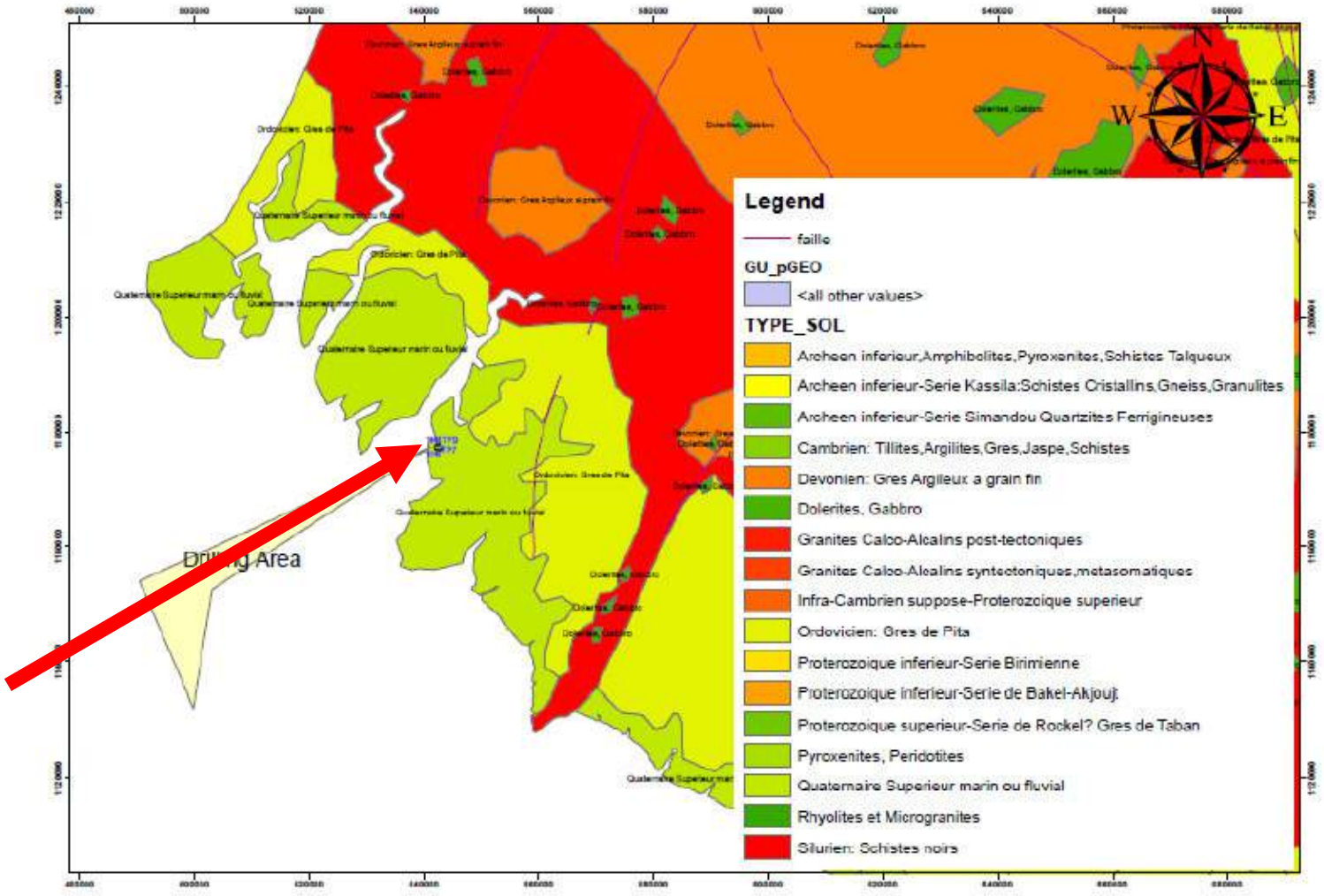


ESTRUTURA DE CONTENÇÃO POÇO
Paredes Moldadas e=1,0m
Vigas anelares em betão armado

Índice

- INTRODUÇÃO
- **ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

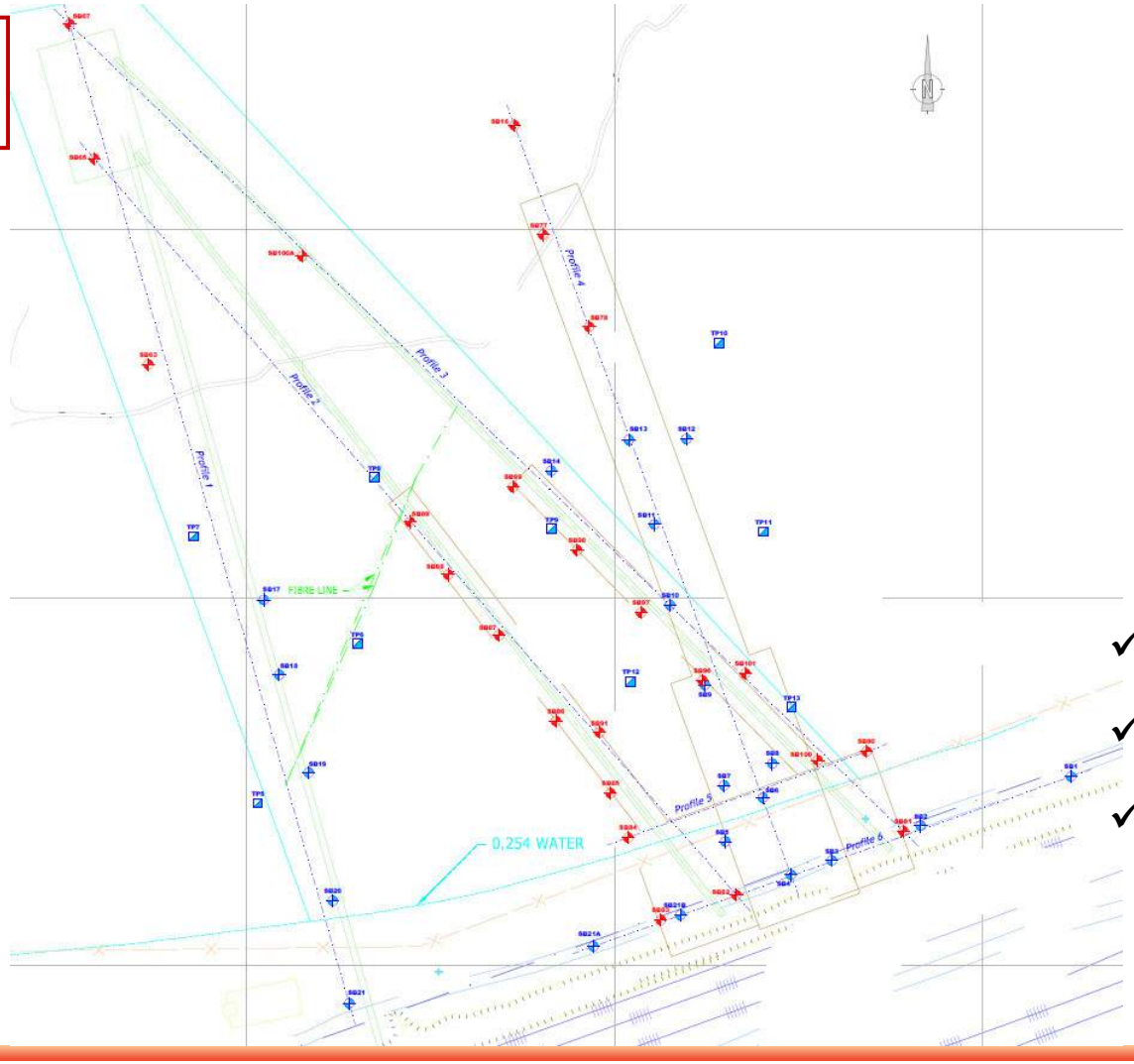
Enquadramento Geológico-Geotécnico



- ✓ Quaternário Superior Marinho
- ✓ Ordoviciano

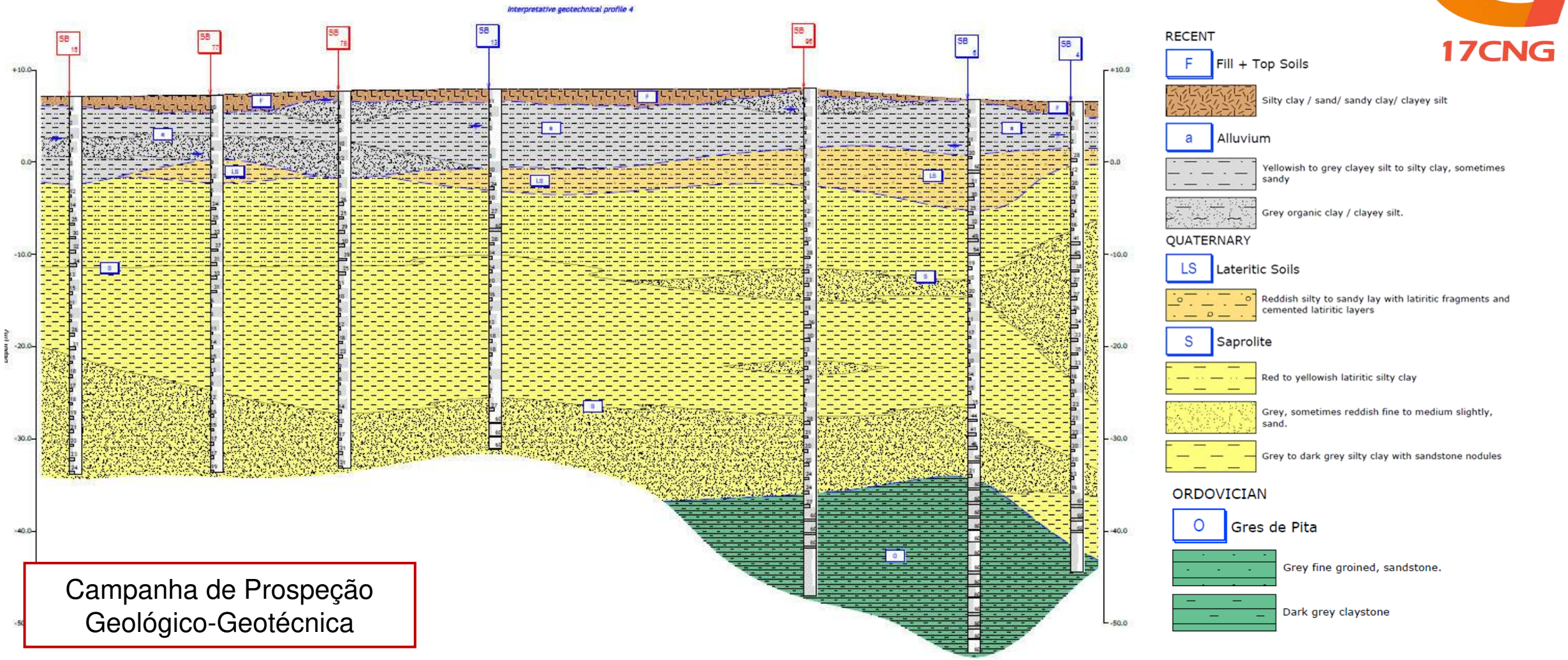
Enquadramento Geológico-Geotécnico

Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica



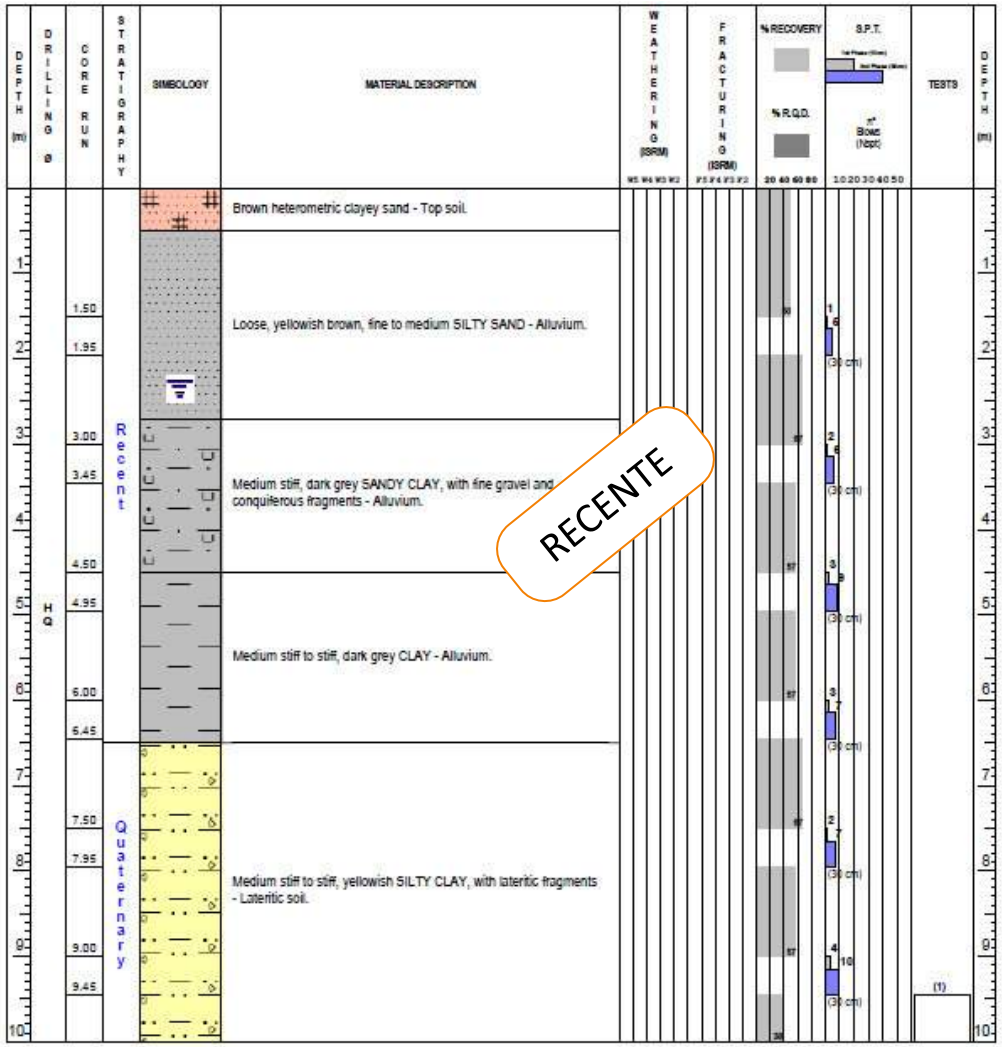
- ✓ Sondagens
- ✓ Ensaios SPT
- ✓ Ensaios Laboratoriais

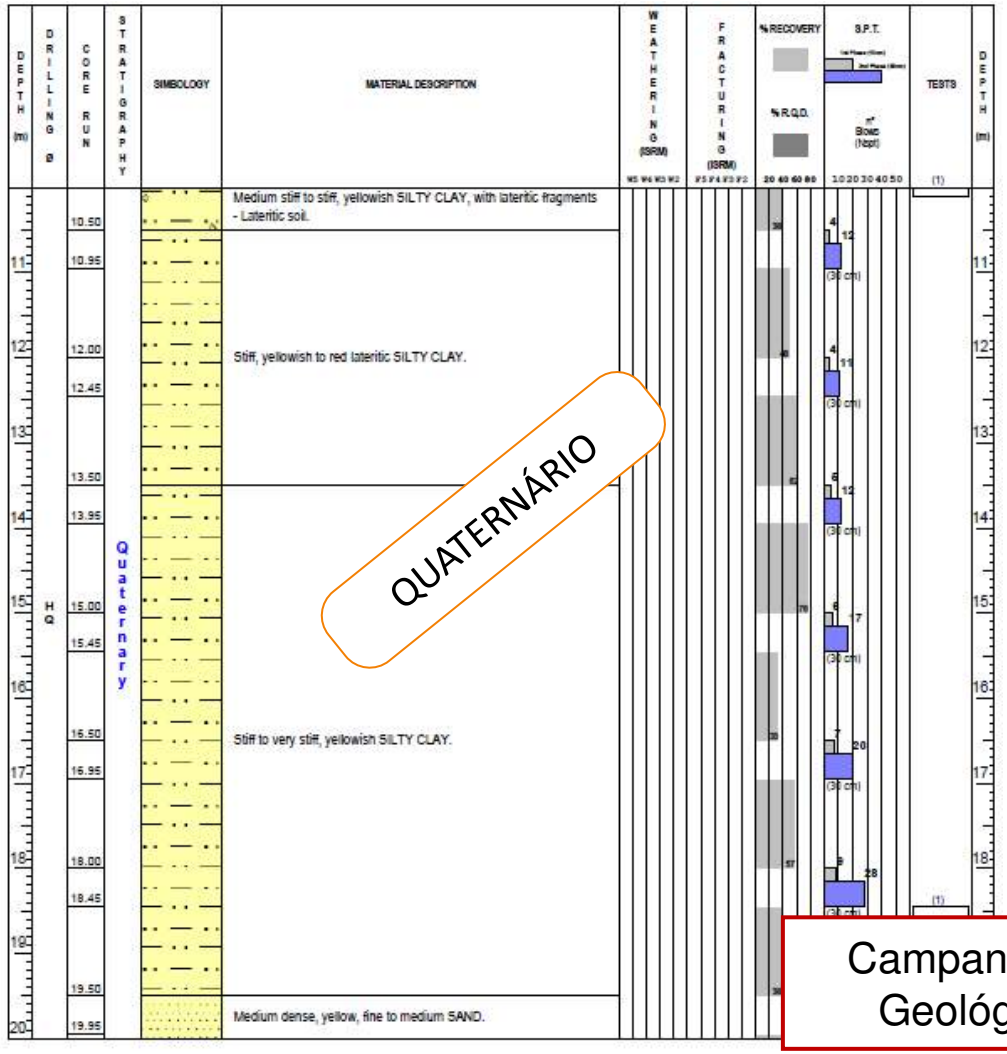
Enquadramento Geológico-Geotécnico



Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

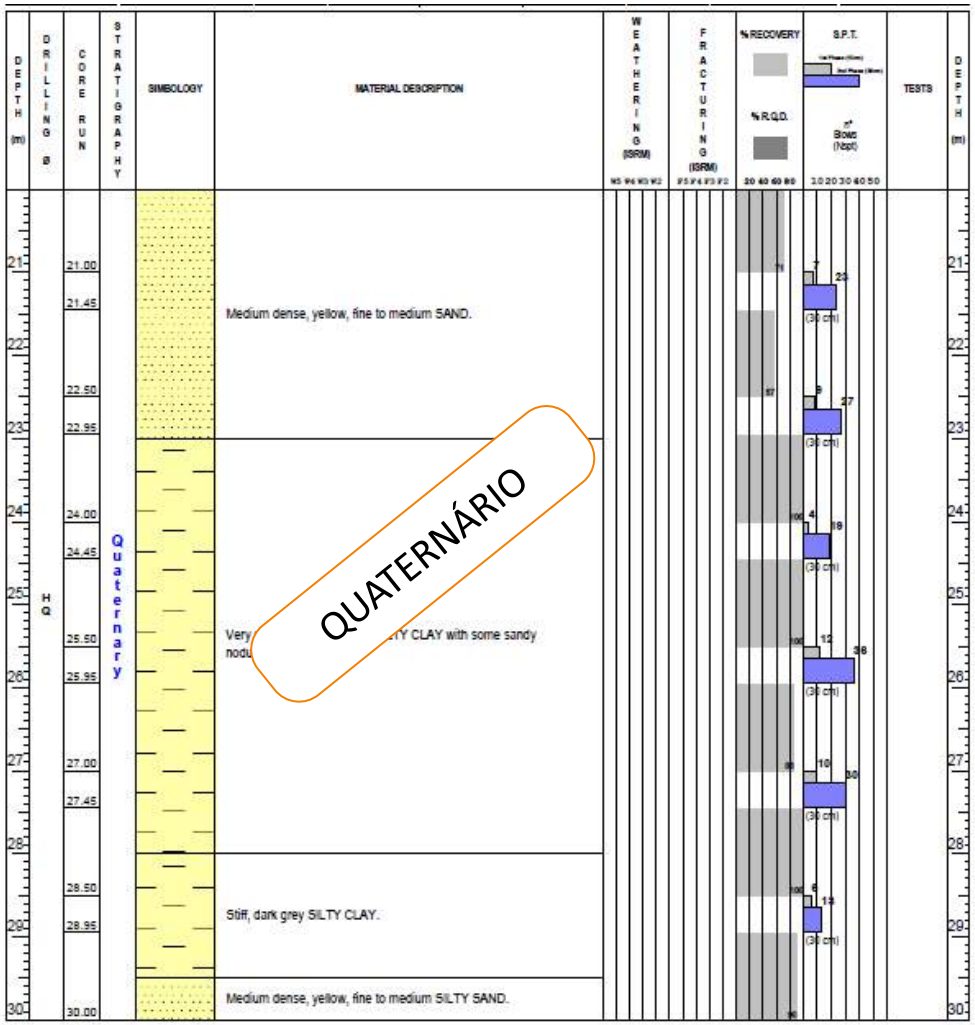
Enquadramento Geológico-Geotécnico

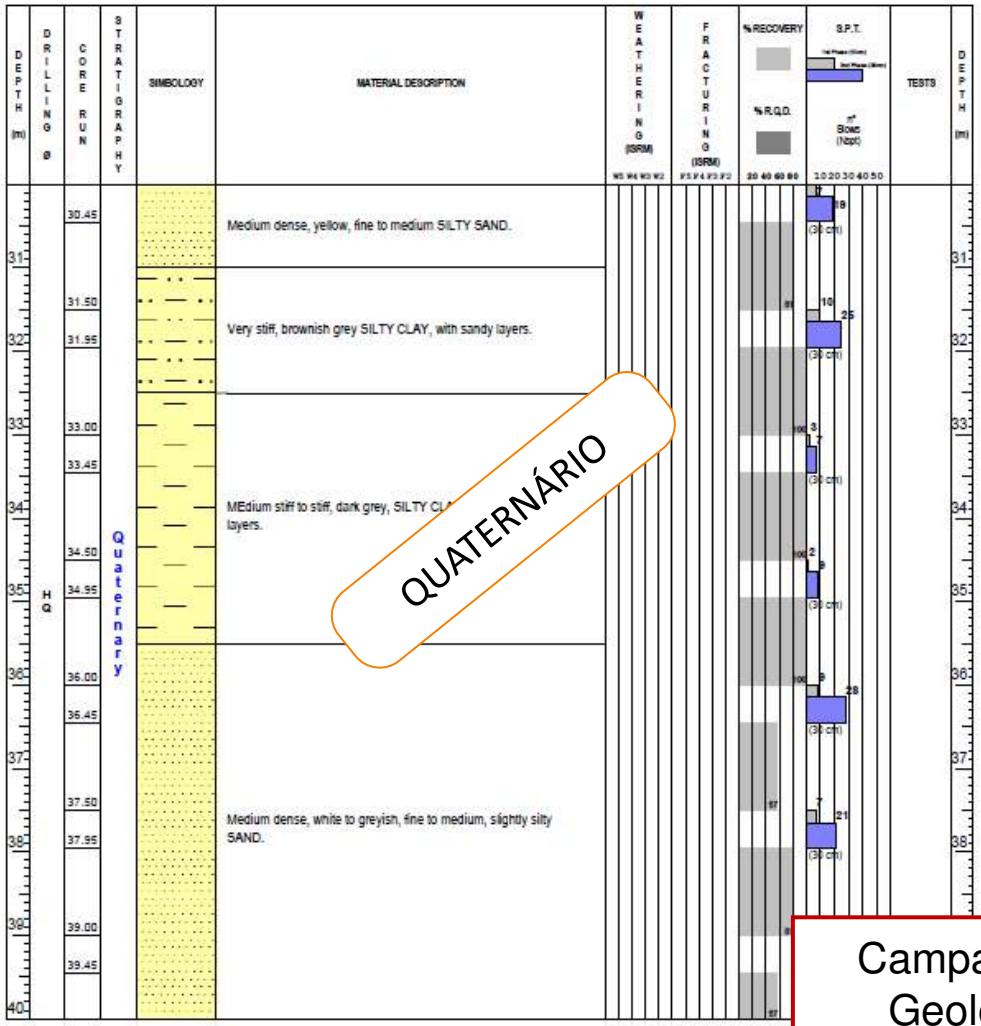




Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

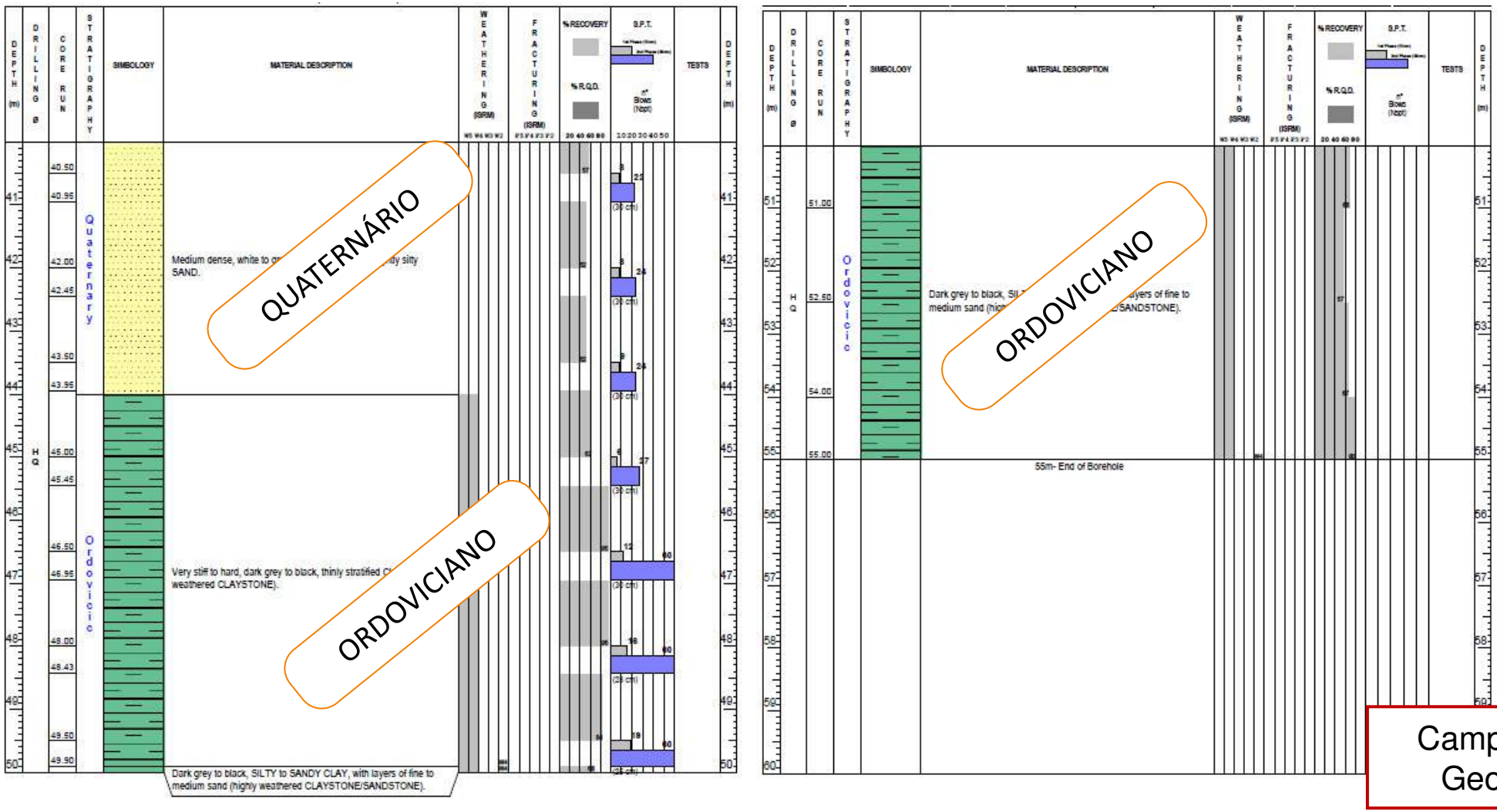
Enquadramento Geológico-Geotécnico





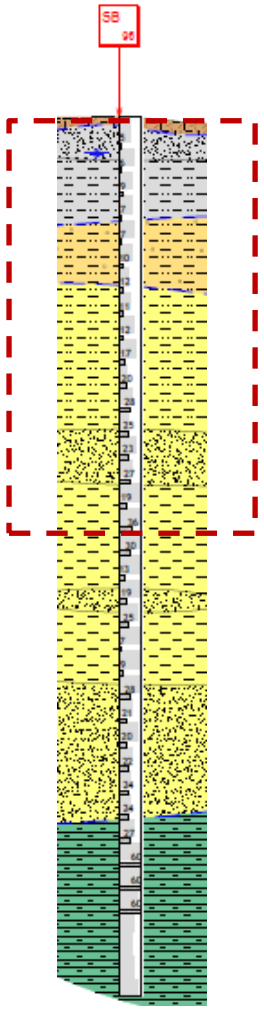
Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

Enquadramento Geológico-Geotécnico



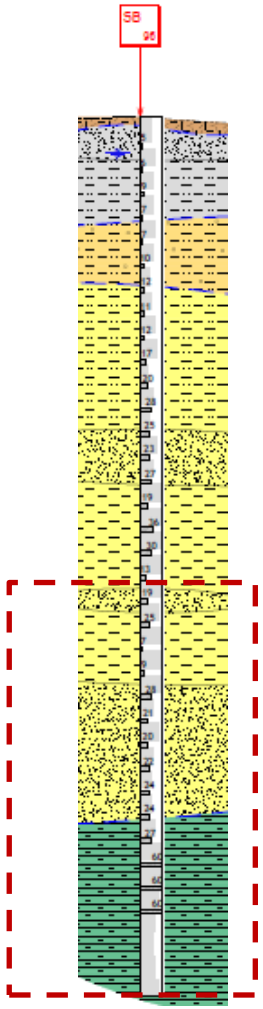
Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

Enquadramento Geológico-Geotécnico



Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

Enquadramento Geológico-Geotécnico



QUATERNÁRIO

ORDOVICIANO

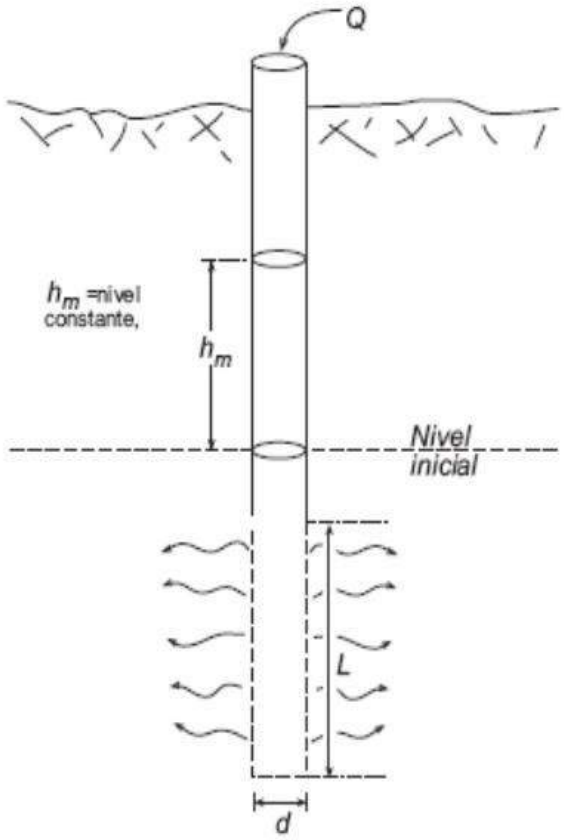
Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

Enquadramento Geológico-Geotécnico

Avaliação da Permeabilidade dos Solos

✓ Ensaios LeFranc

ZG	Período	Formação	K [ms^{-1}]
GZ5	Recente	Aluvião	10^{-6}
GZ4	Quaternário	Unidade Laterítica	10^{-10}
GZ3	Quaternário	Unidade Saprolítica	10^{-10}
GZ2	Quaternário	Unidade Saprolítica	10^{-5}
GZ1	Ordoviciano	Grés de Pita	10^{-7}

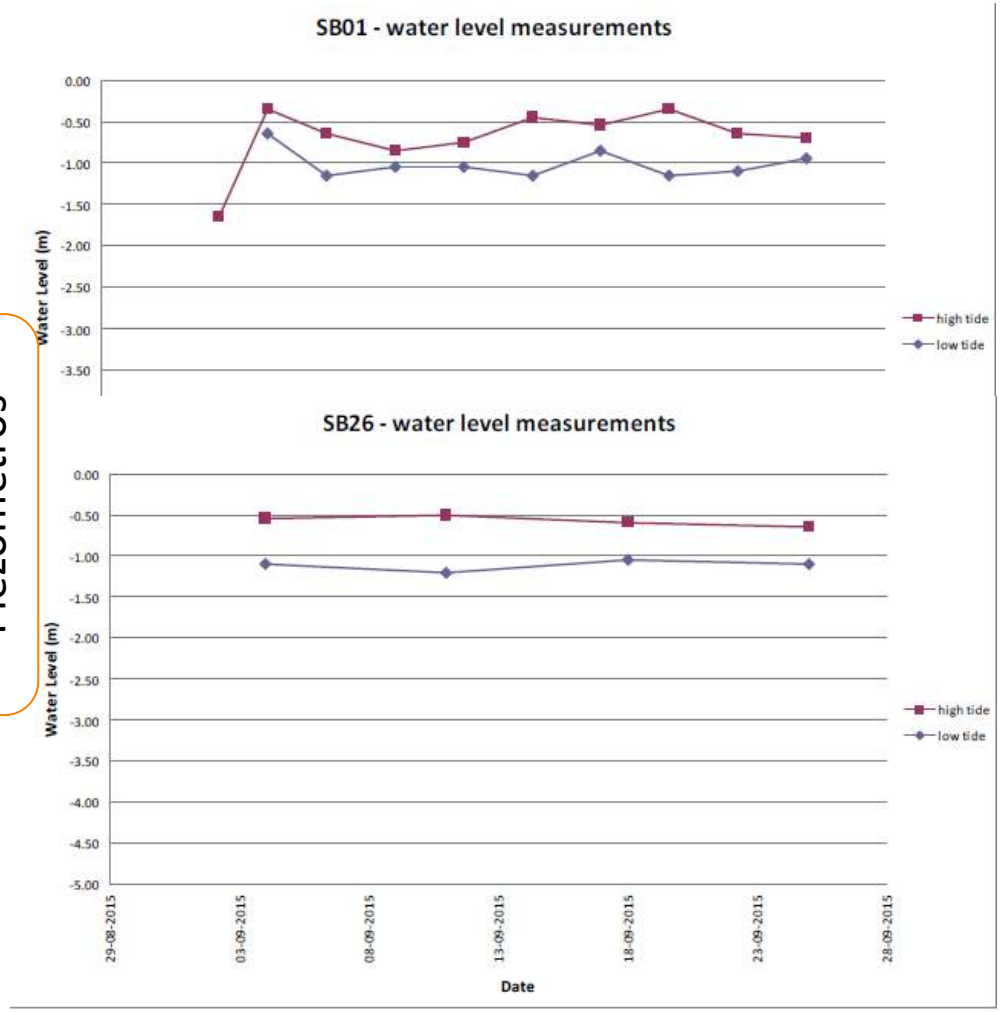


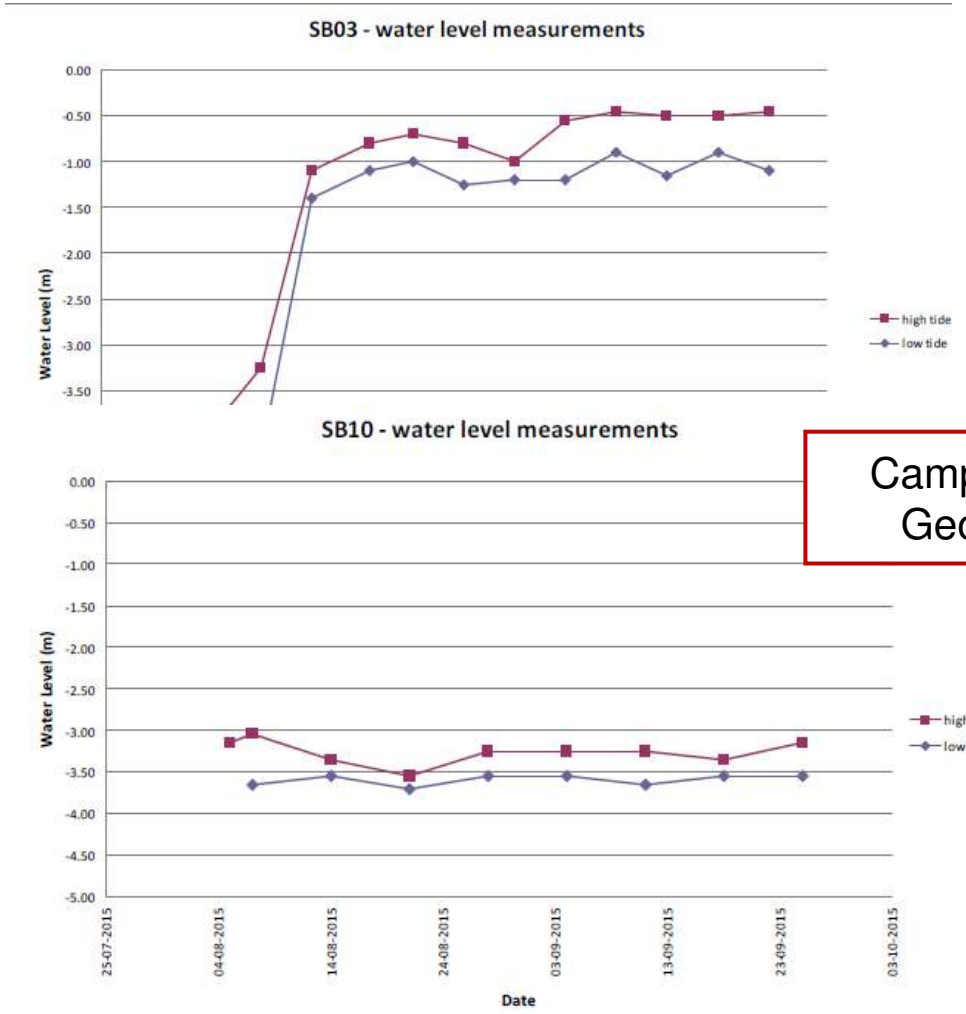
Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

Enquadramento Geológico-Geotécnico

17CNG

Piezómetros

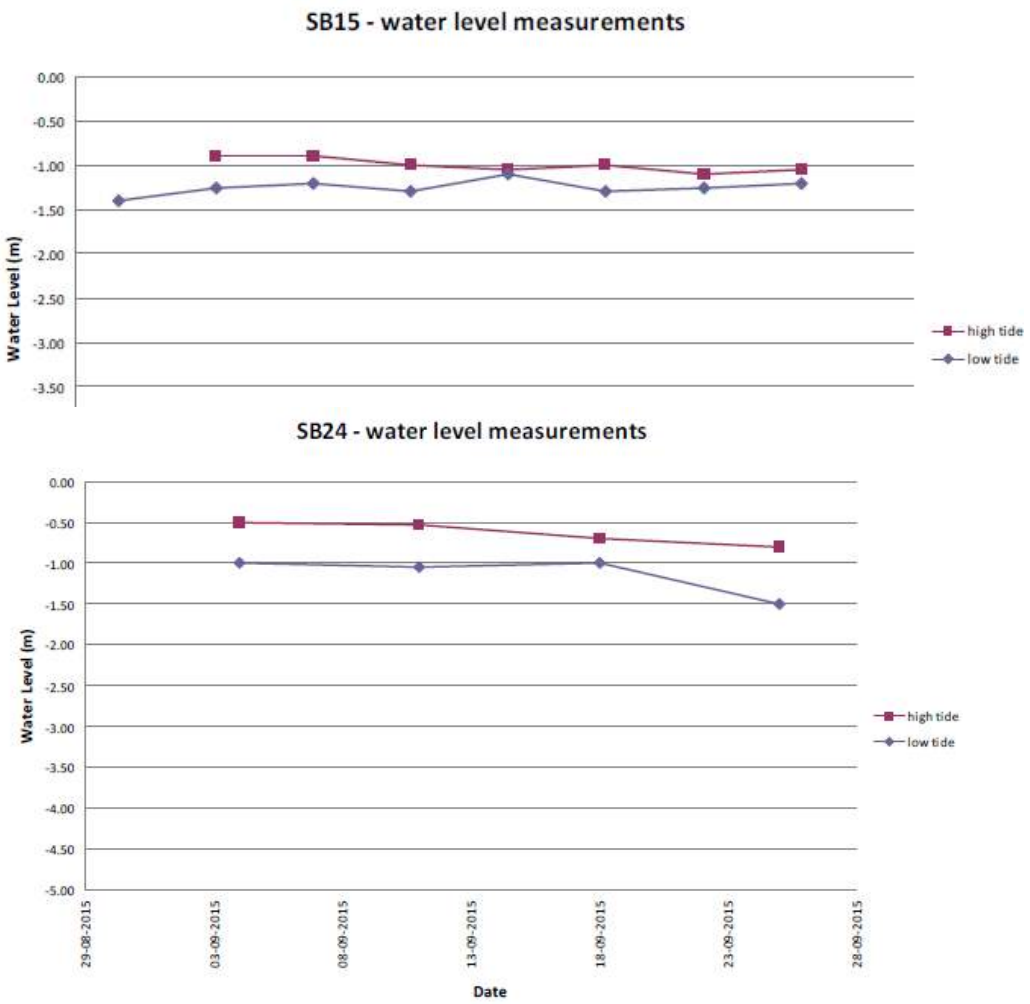




Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica

Enquadramento Geológico-Geotécnico

Piezómetros



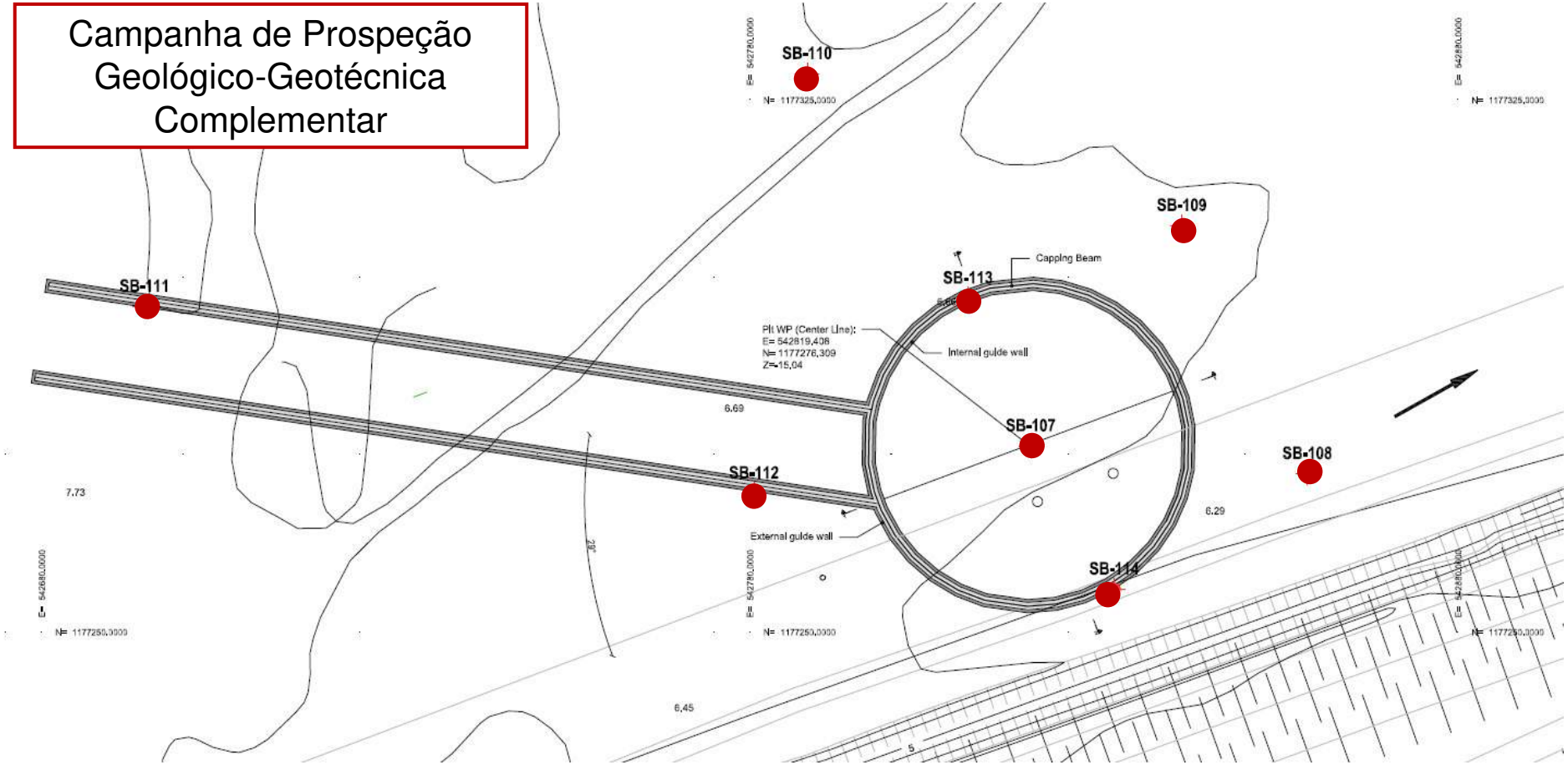
- ✓ Piezómetros de tubo aberto
- ✓ Influência da maré (localização a 800m da costa)
- ✓ Nível de água a 1,0m de profundidade
- ✓ Incerteza acerca da existência de aquífero confinado

⇩

- ✓ Nível Freático de Projeto
  - ✓ Permanente – nível do solo
  - ✓ Acidental – 1m acima do nível do solo
- ✓ Execução de furos de alívio

Enquadramento Geológico-Geotécnico

Campanha de Prospeção Geológico-Geotécnica Complementar



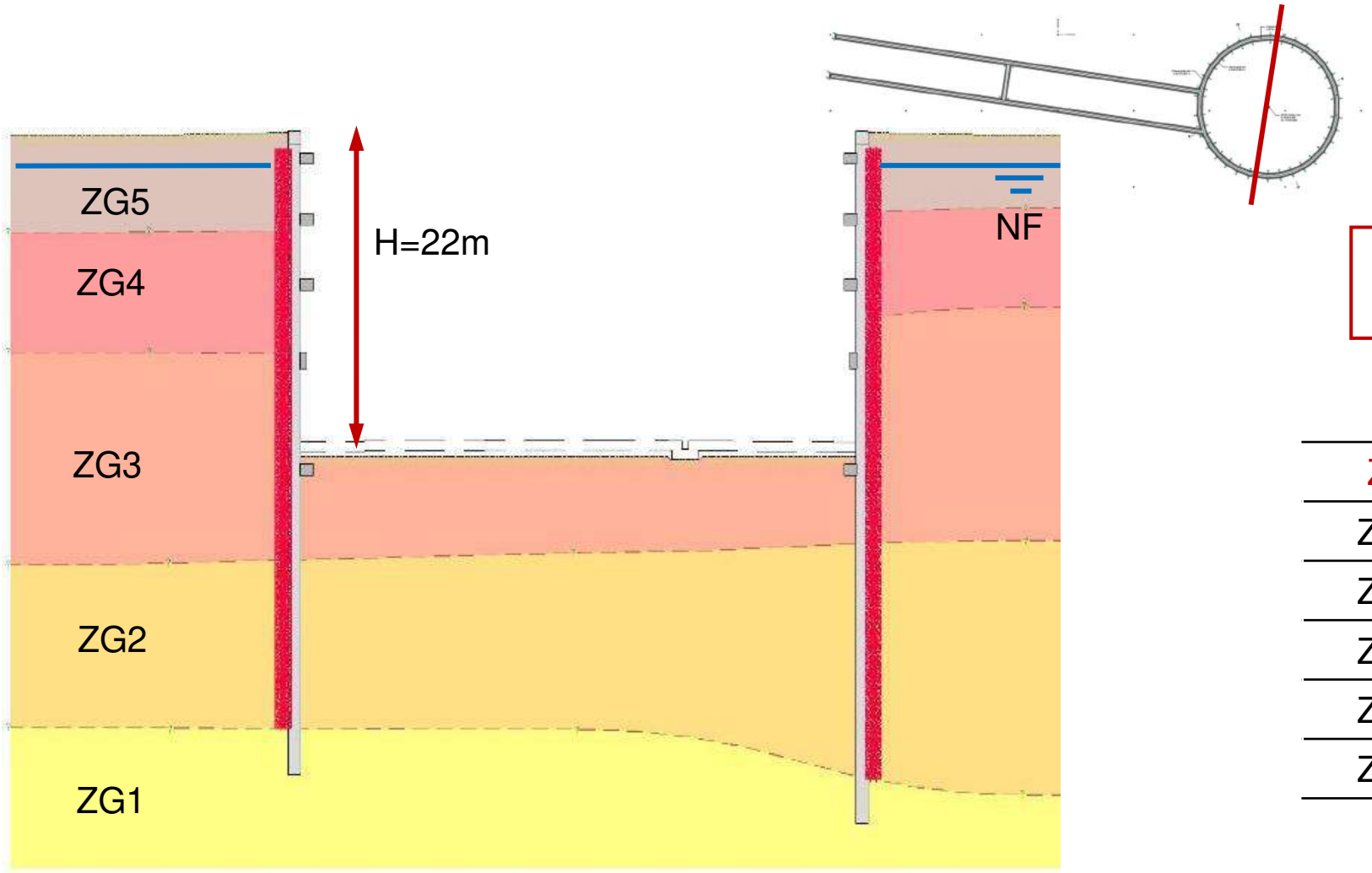
- ✓ 8 x Sondagens

Enquadramento Geológico-Geotécnico

Zonamento
Geológico-Geotécnico

ZG	Período	Formação	NSPT	Descrição
GZ5	Recente	Aluvião	0 a 10	Silte argiloso e argilas orgânicas
GZ4	Quaternário	Unidade Laterítica	20 e 60	Argilas siltosas e arenosas
GZ3	Quaternário	Unidade Saprolítica	4 e 46	Siltes argilosos
GZ2	Quaternário	Unidade Saprolítica	37 e 60	Areias siltosas
GZ1	Ordoviciano	Grés de Pita	>60	Argilitos de consistência muito rígida

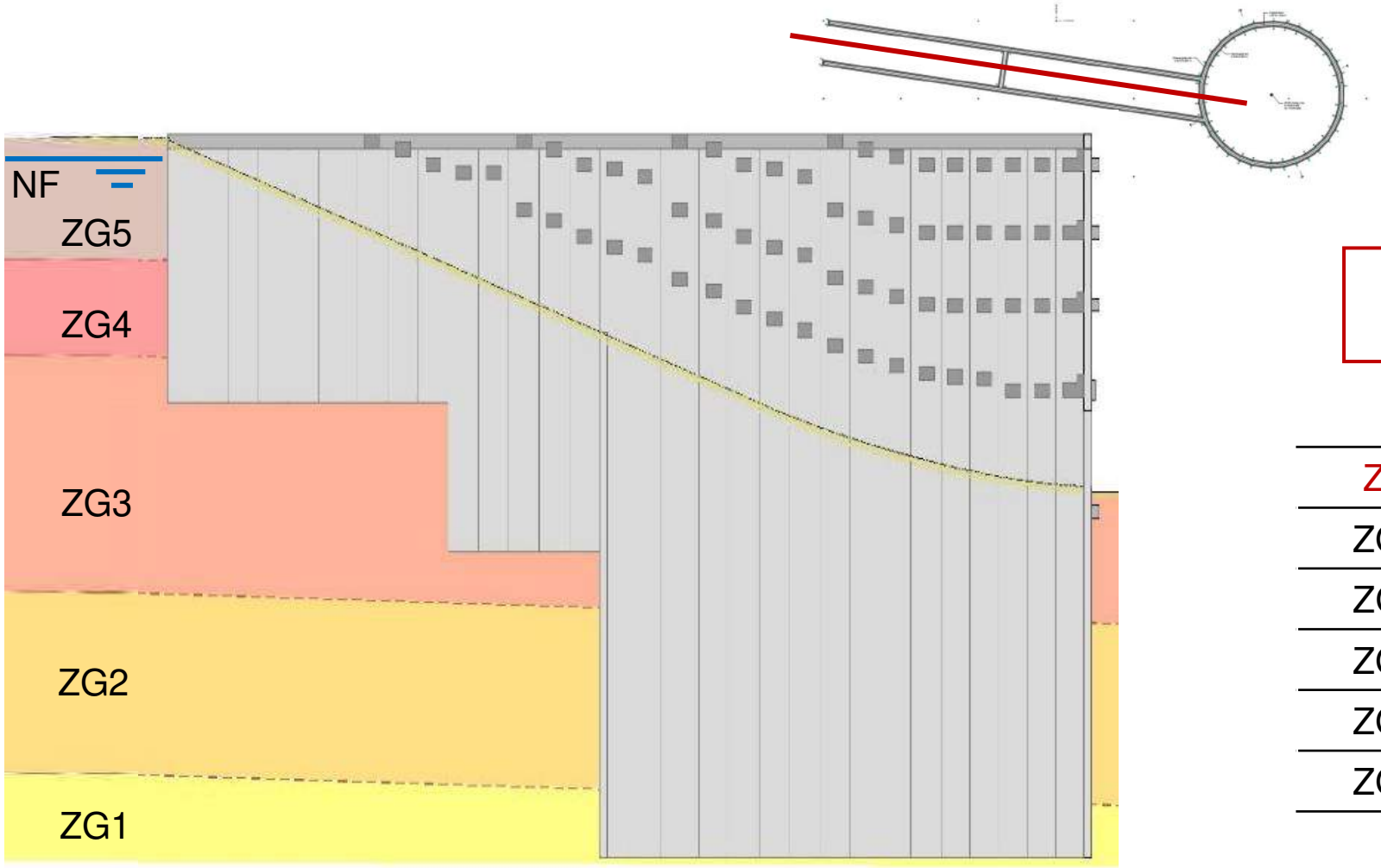
Enquadramento Geológico-Geotécnico



Zonamento Geológico-Geotécnico

ZG	Profundidade média (m)
ZG5	0 - 7,5
ZG4	7,5 - 15,5
ZG3	15,5 - 29,0
ZG2	29,0 - 41,0
ZG1	> 41.0

Enquadramento Geológico-Geotécnico



Zonamento
Geológico-Geotécnico

ZG	Profundidade média (m)
ZG5	0 - 7,5
ZG4	7,5 - 15,5
ZG3	15,5 - 29,0
ZG2	29,0 - 41,0
ZG1	> 41.0

Enquadramento Geológico-Geotécnico

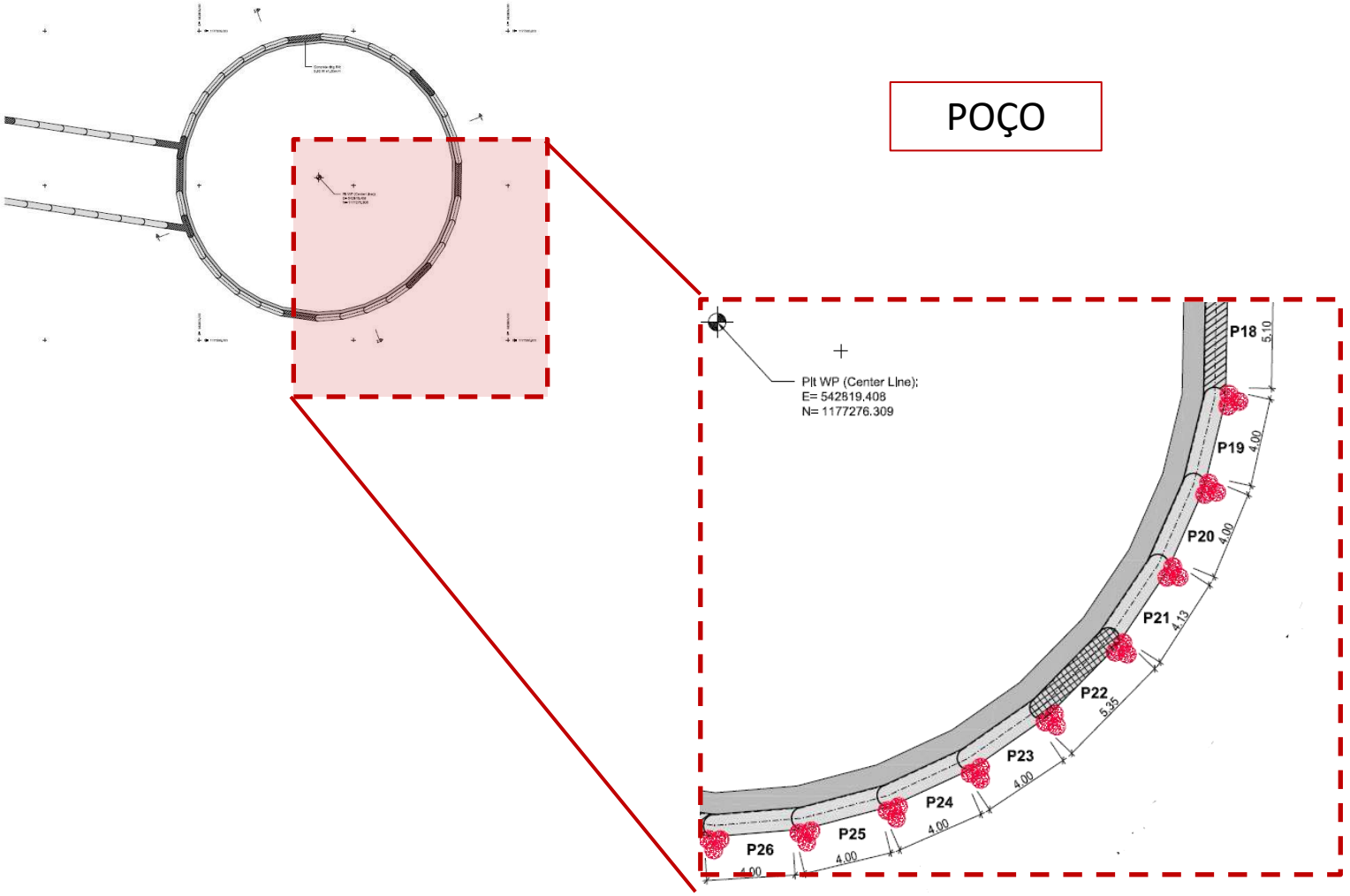
Parametrização Geomecânica

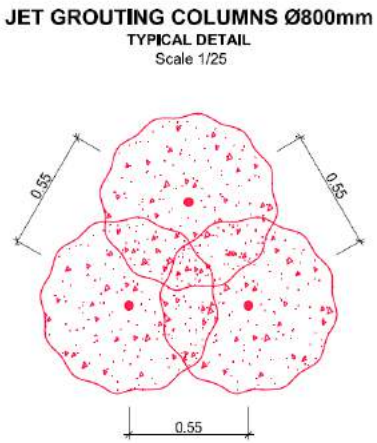
ZG	NSPT	Prof. [m]	K_0 [-]	γ_{sat} [kN/m^3]	c' [kPa]	ϕ' [°]	E_{50}^{ref} [MPa]	E_{oed}^{ref} [MPa]	E_{ur}^{ref} [MPa]	m [-]	k [ms^{-1}]
ZG5	0 a 10	0 - 7,5	0,64	17	3	21	6	6	18	0,8	10^{-6}
ZG4	20 e 60	7,5 - 15,5	0,44	22	8	34	30	30	90	0,8	10^{-10}
ZG3	4 e 46	15,5 - 29,0	0,58	20	35	25	20	20	60	0,8	10^{-10}
ZG2	37 e 60	29,0 - 41,0	0,38	21	0	38	100	100	300	0,5	10^{-5}
ZG1	>60	> 41.0	0,38	22	40	38	150	150	450	1,0	10^{-7}

Índice

- INTRODUÇÃO
- ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

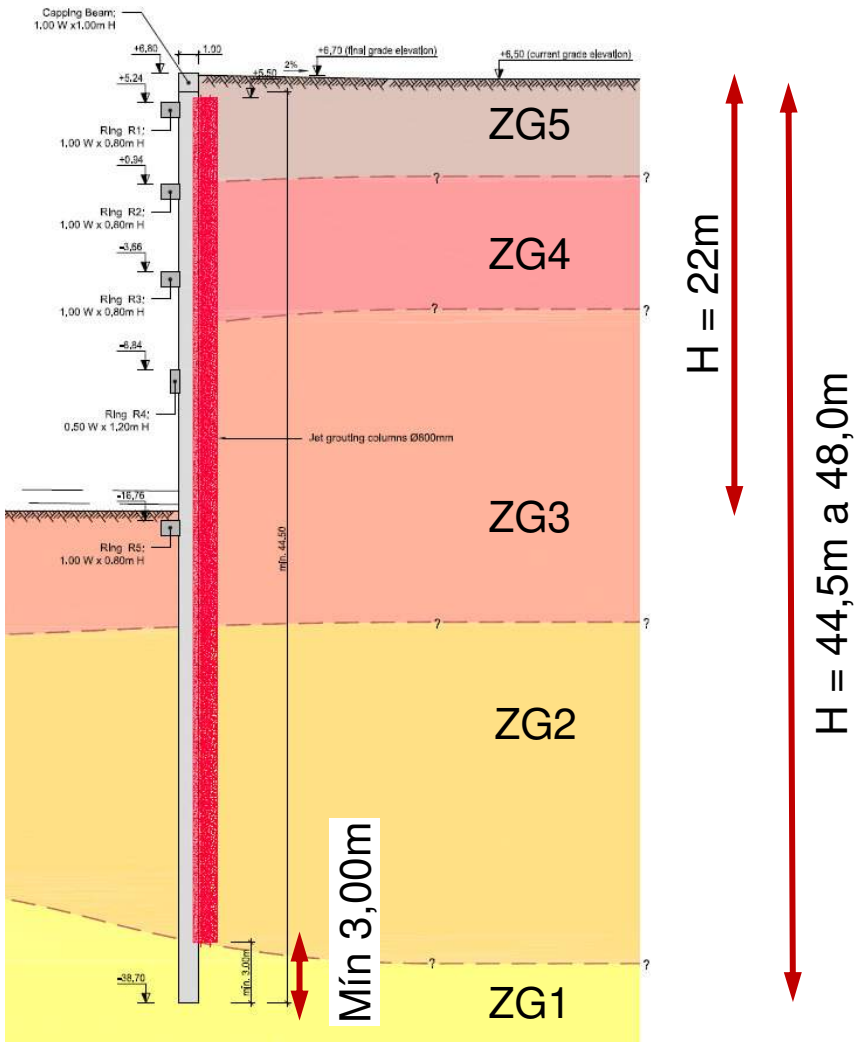




PAREDE MOLDADA

- ✓ Espessura painéis = 1,00m
- ✓ Painéis de arranque L=5,10m
- ✓ Painéis de continuidade L=4,00m
- ✓ Painéis de fecho L=5,35m
- ✓ 3 Colunas Ø800mm jet-grouting a tardoz das juntas

Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção



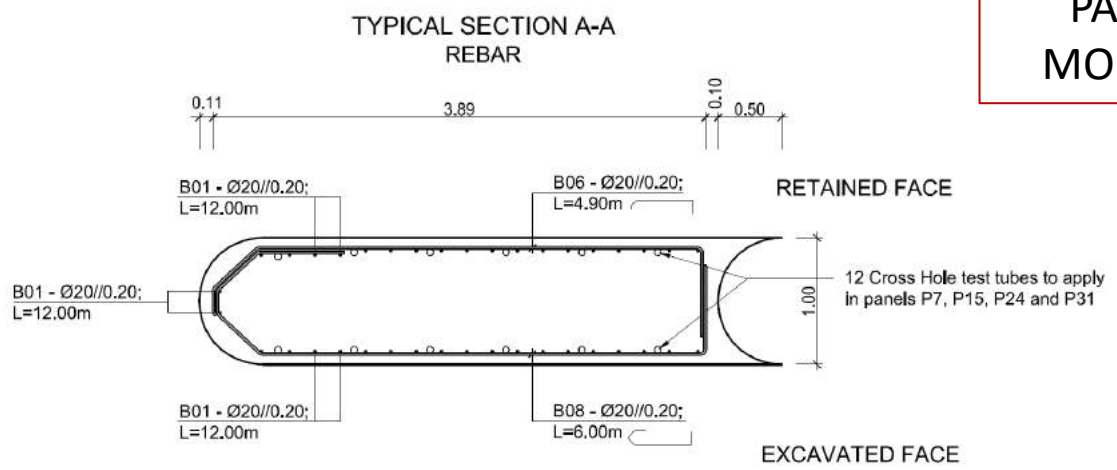
POÇO

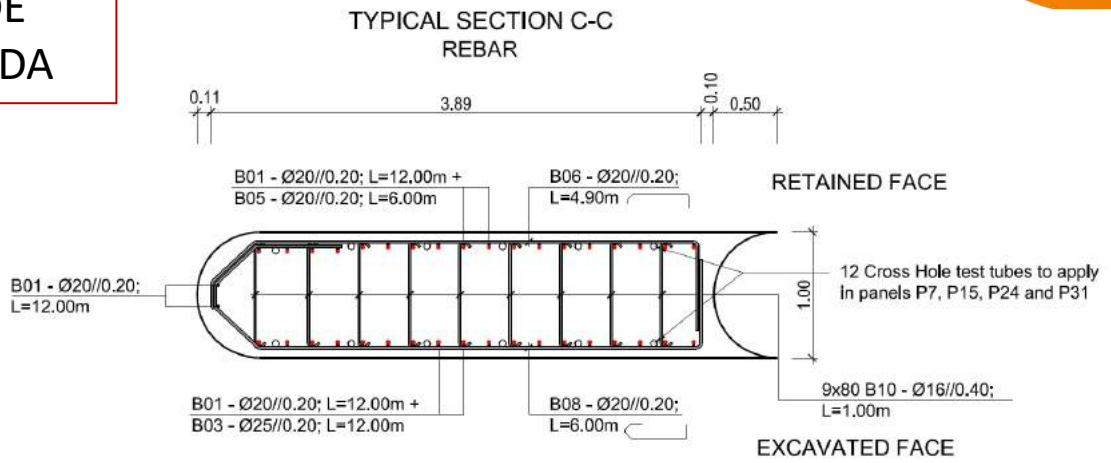
PAREDE MOLDADA

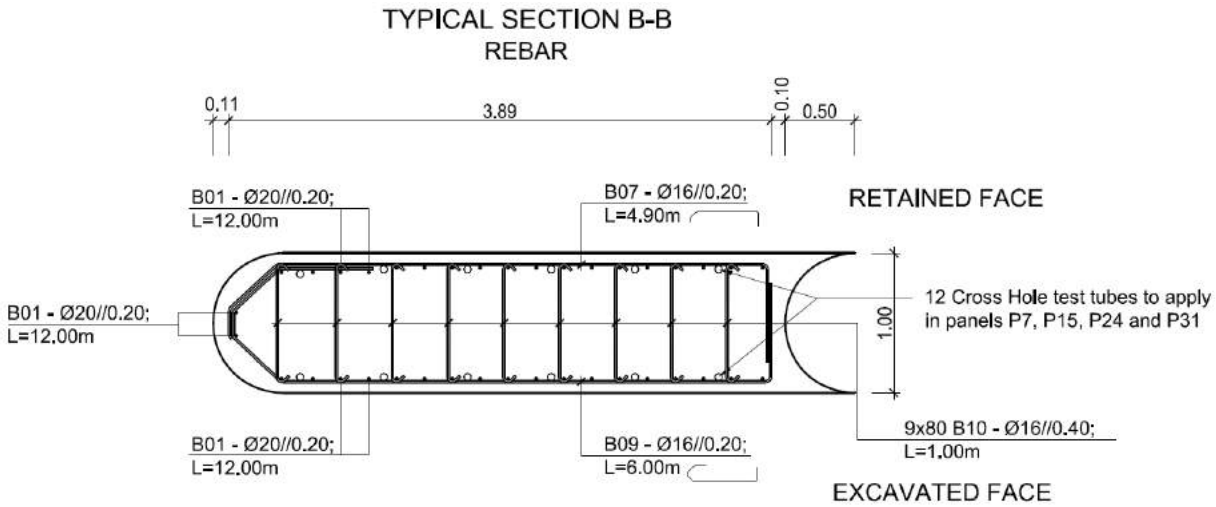
- ✓ Painéis com comprimentos entre 44,5m e 48,0m
- ✓ Encastramento mínimo 3,0m na unidade Ordoviciano
- ✓ Tolerância de desvio de execução 1%

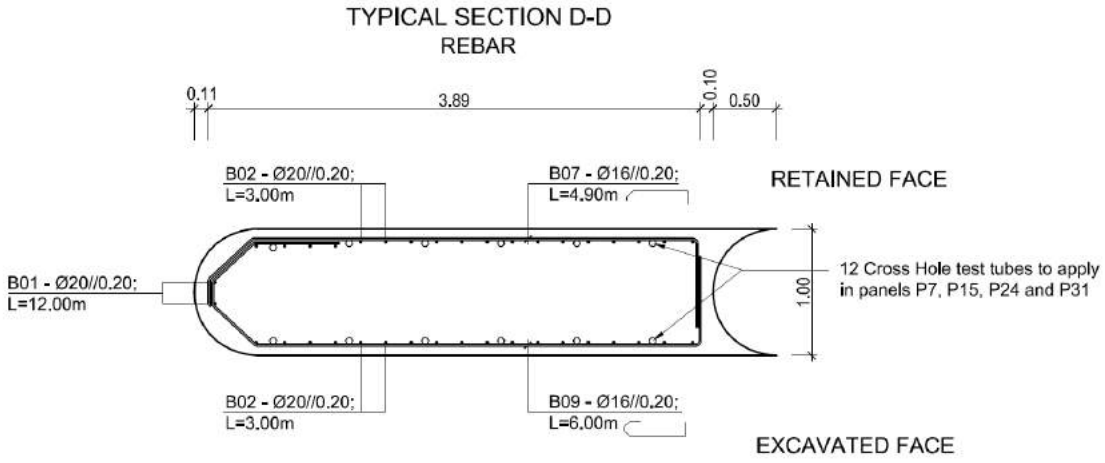
Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

PAREDE MOLDADA



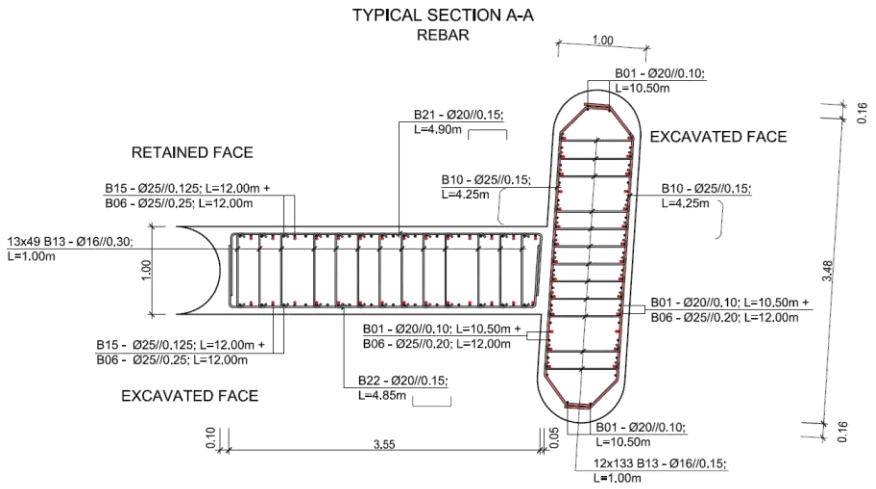


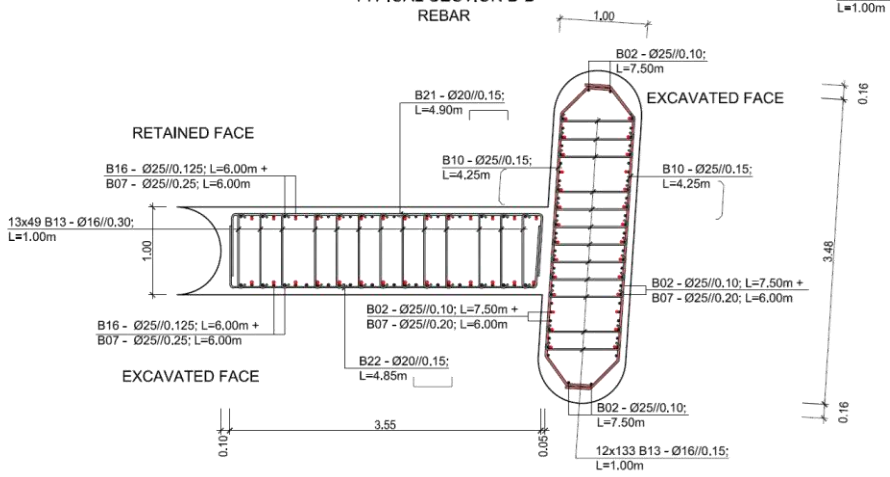


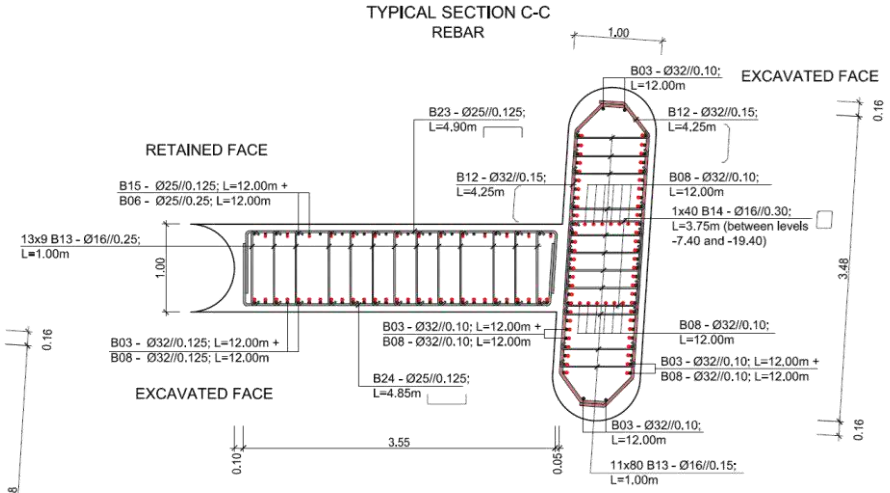


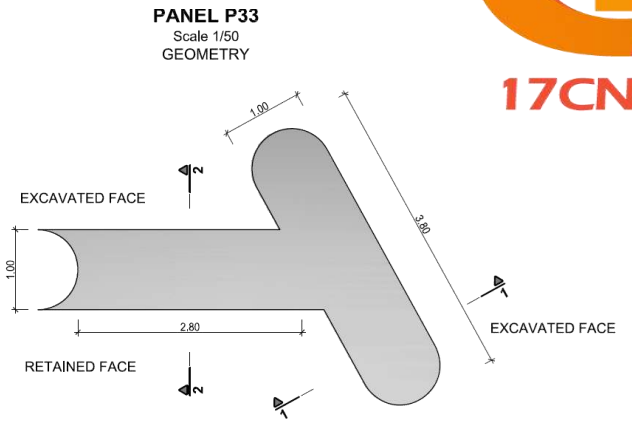
Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

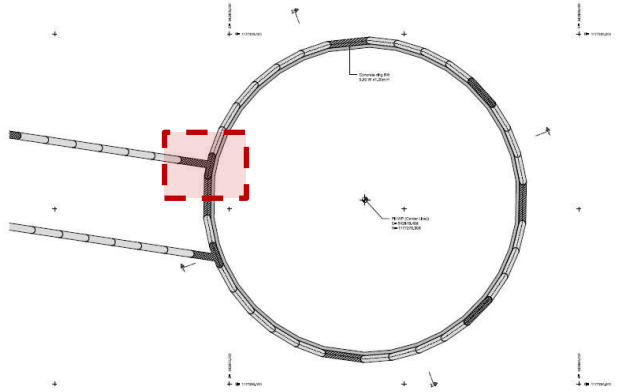
PAREDE MOLDADA



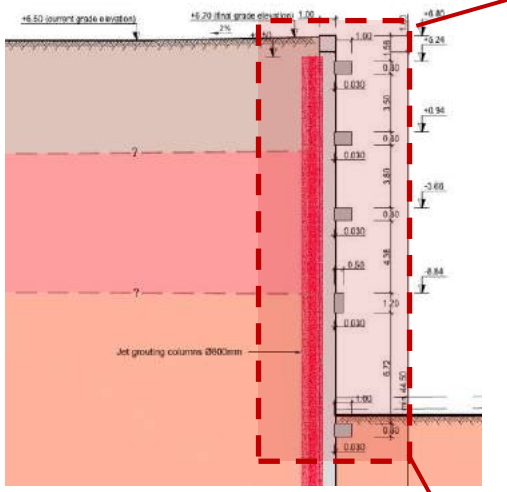


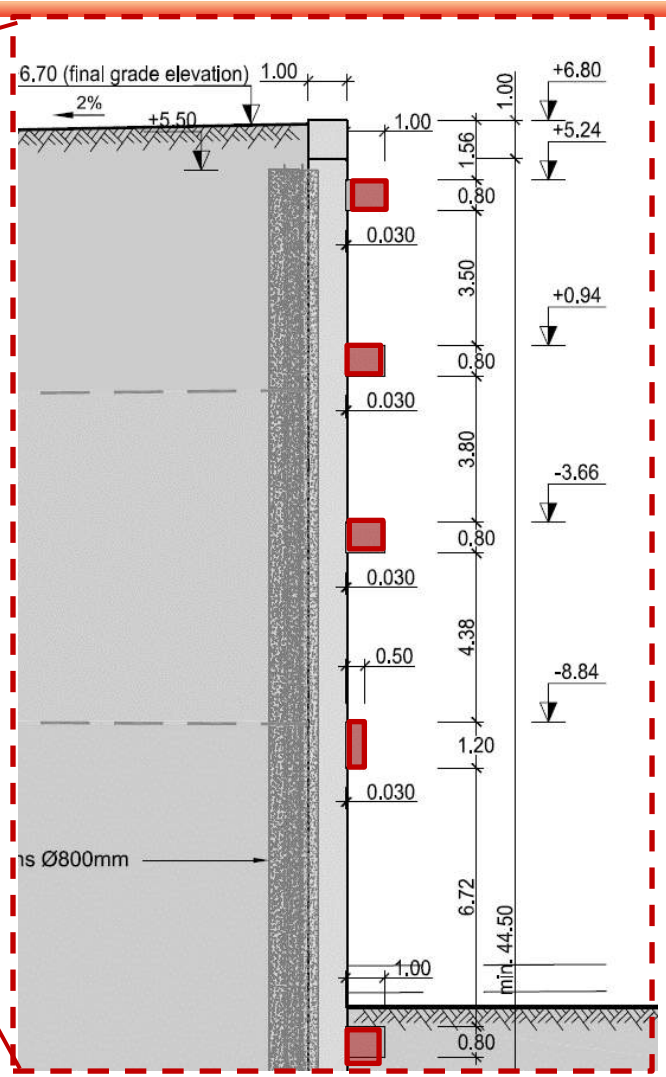






Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção



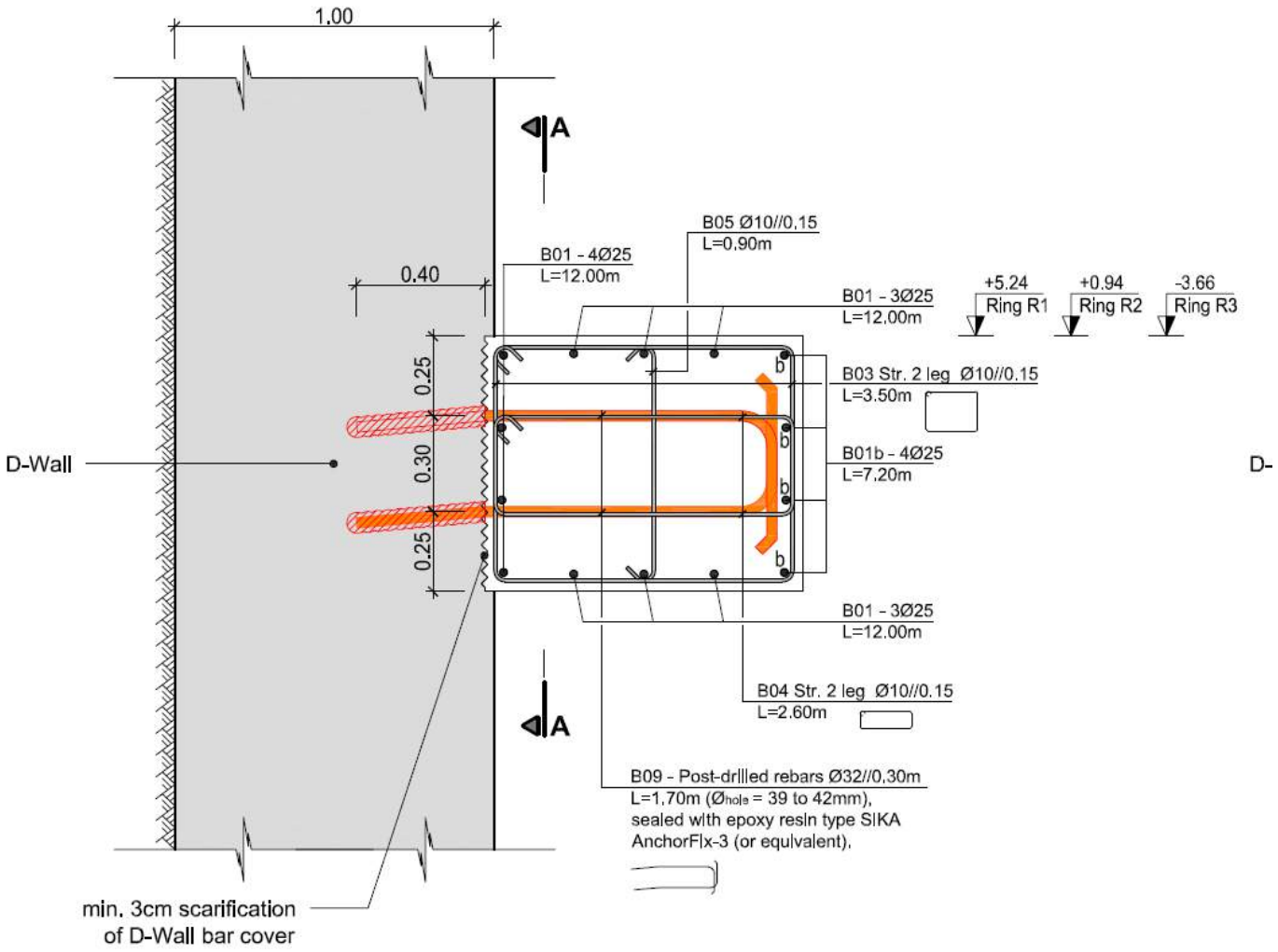


POÇO

VIGAS ANELARES DE TRAVAMENTO

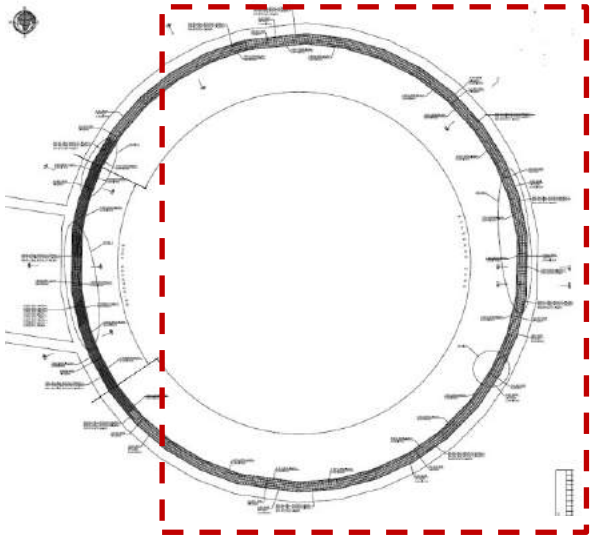
- ✓ 1º, 2º e 3º níveis – Viga 1,00m x 0,80m
- ✓ 4º nível – Viga 0,50m x 1,20m
- ✓ 5º nível – Viga 1,00m x 0,80m

Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção



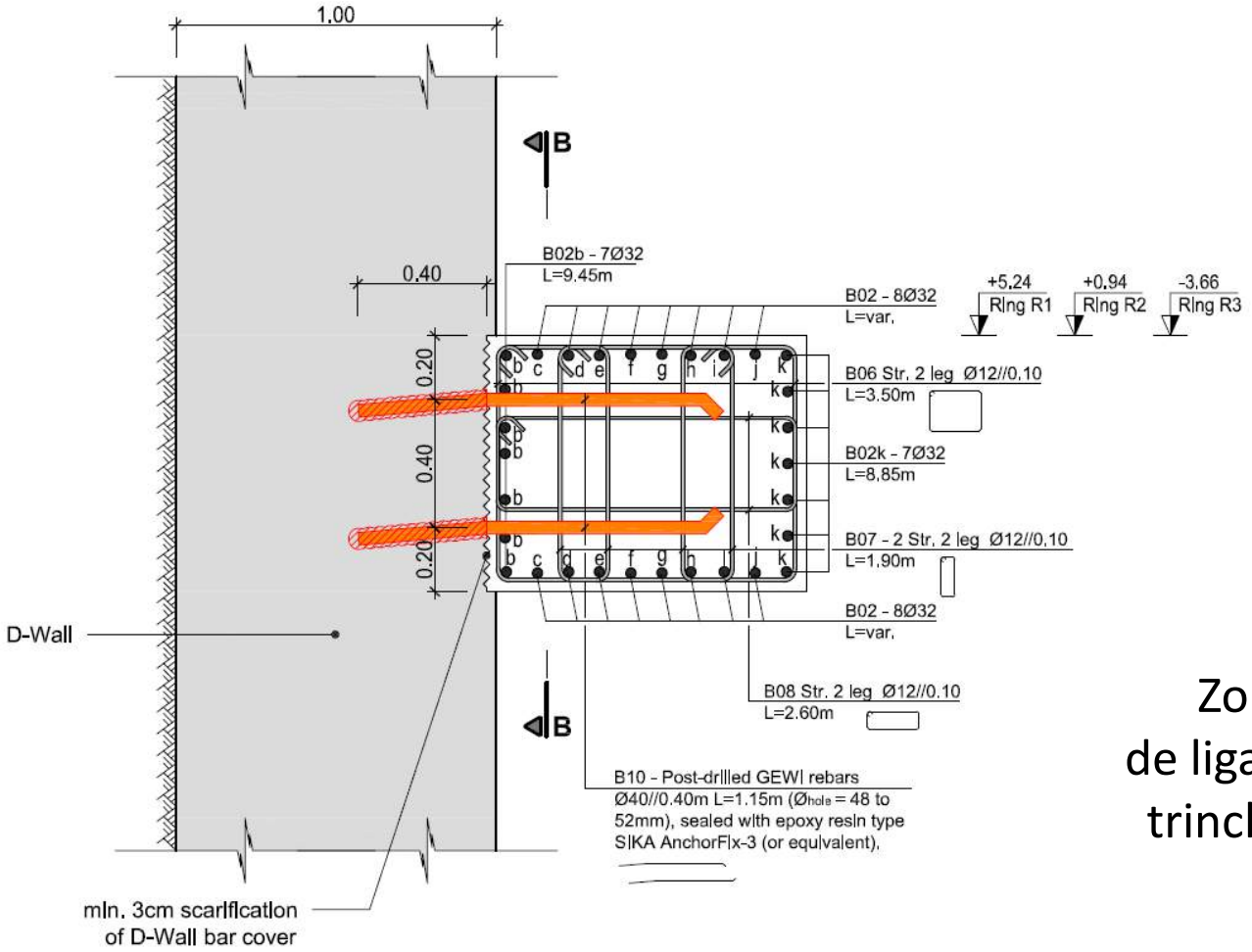
POÇO

1º, 2º e 3º níveis
Viga 1,00x0,80m (largura x altura)



Zona corrente

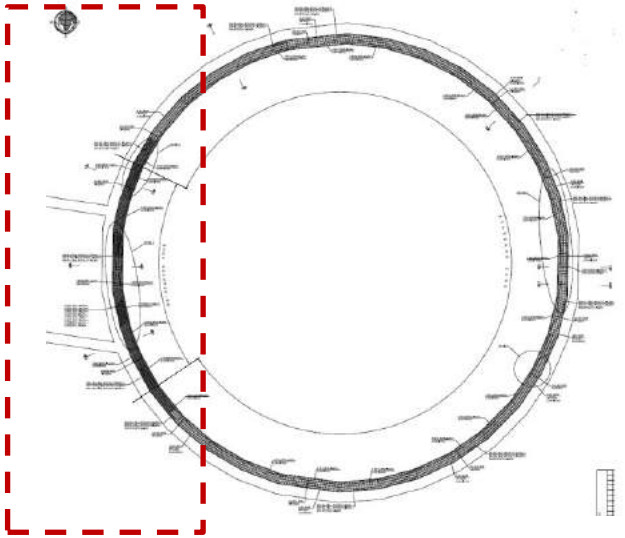
Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção



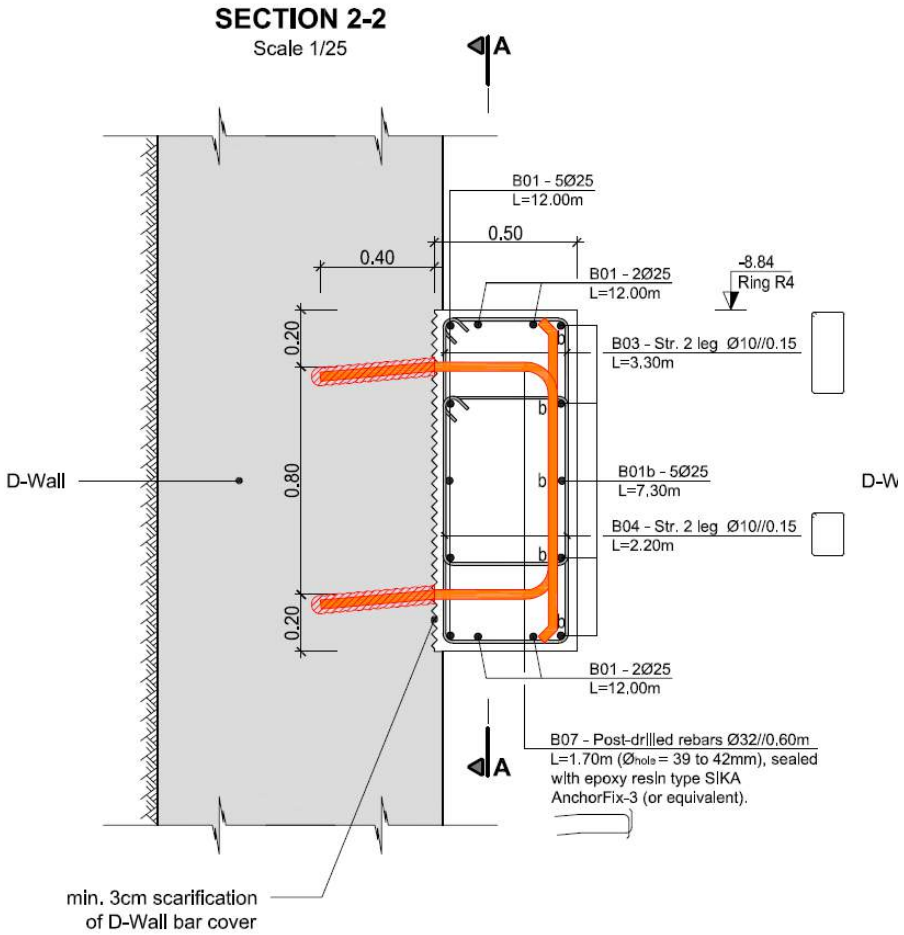
POÇO

1º, 2º e 3º níveis
Viga 1,00x0,80m (largura x altura)

Zona
de ligação à
trincheira

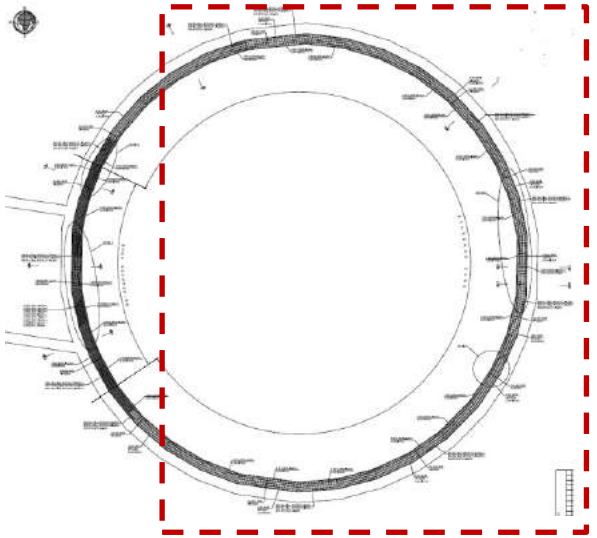


Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção



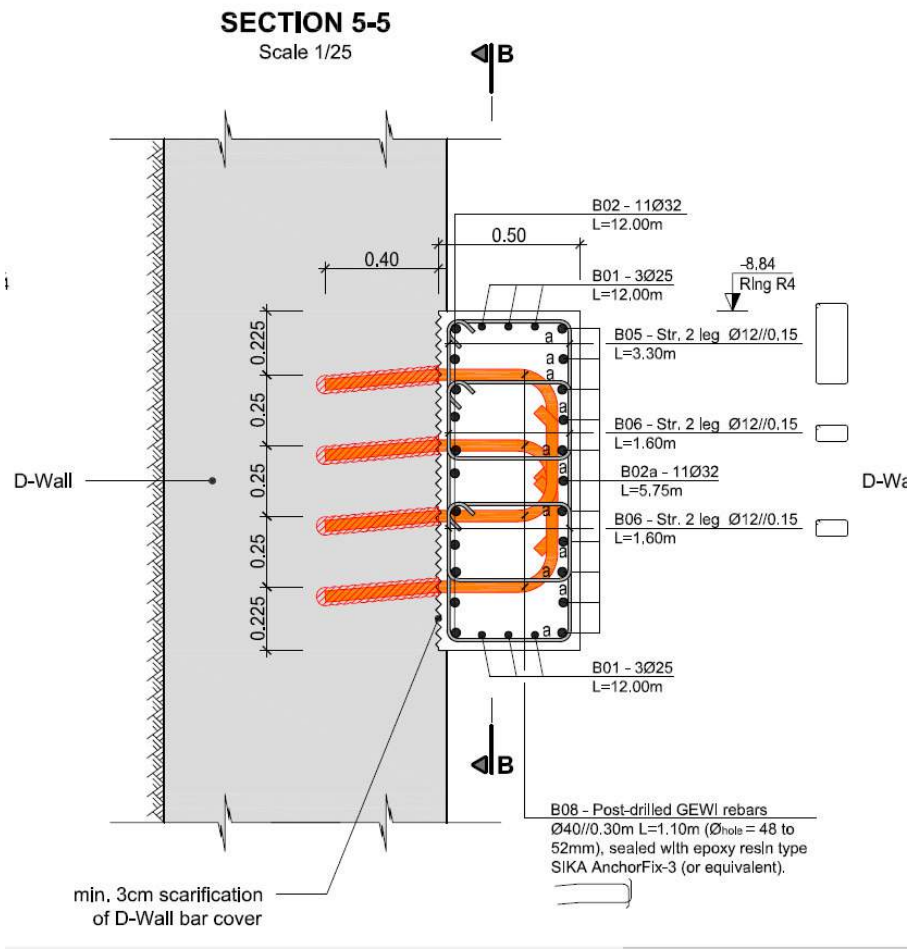
POÇO

4º nível
Viga 0,50 x 1,20m



Zona corrente

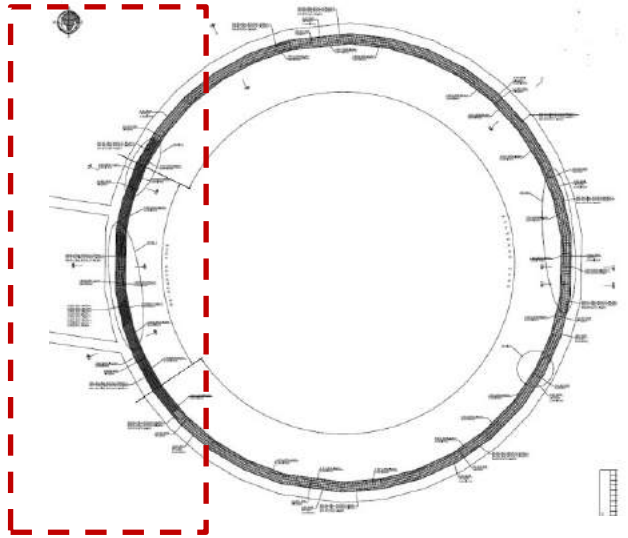
Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção



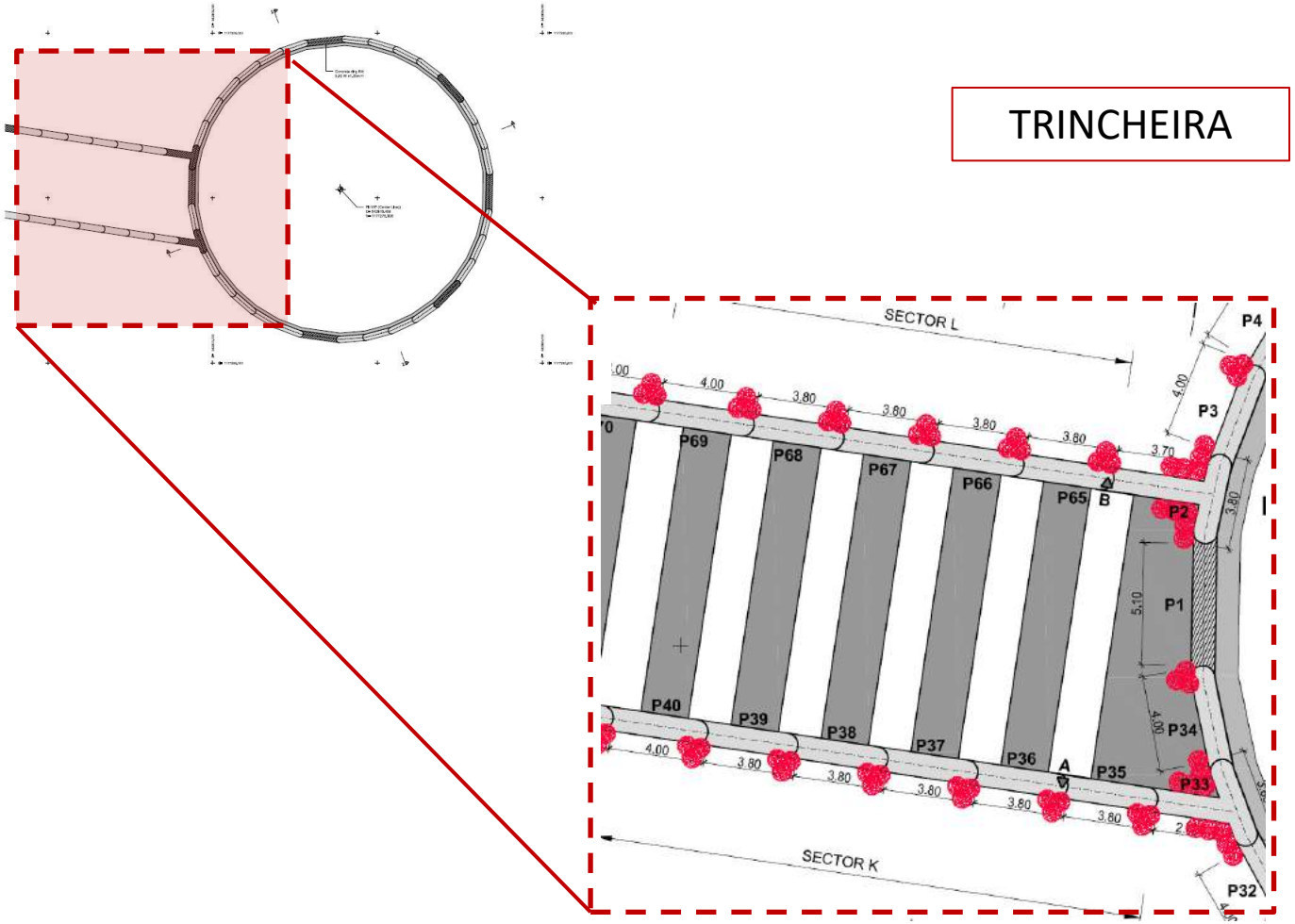
POÇO

4º nível
Viga 0,50 x 1,20m

Zona
de ligação à
trincheira



Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

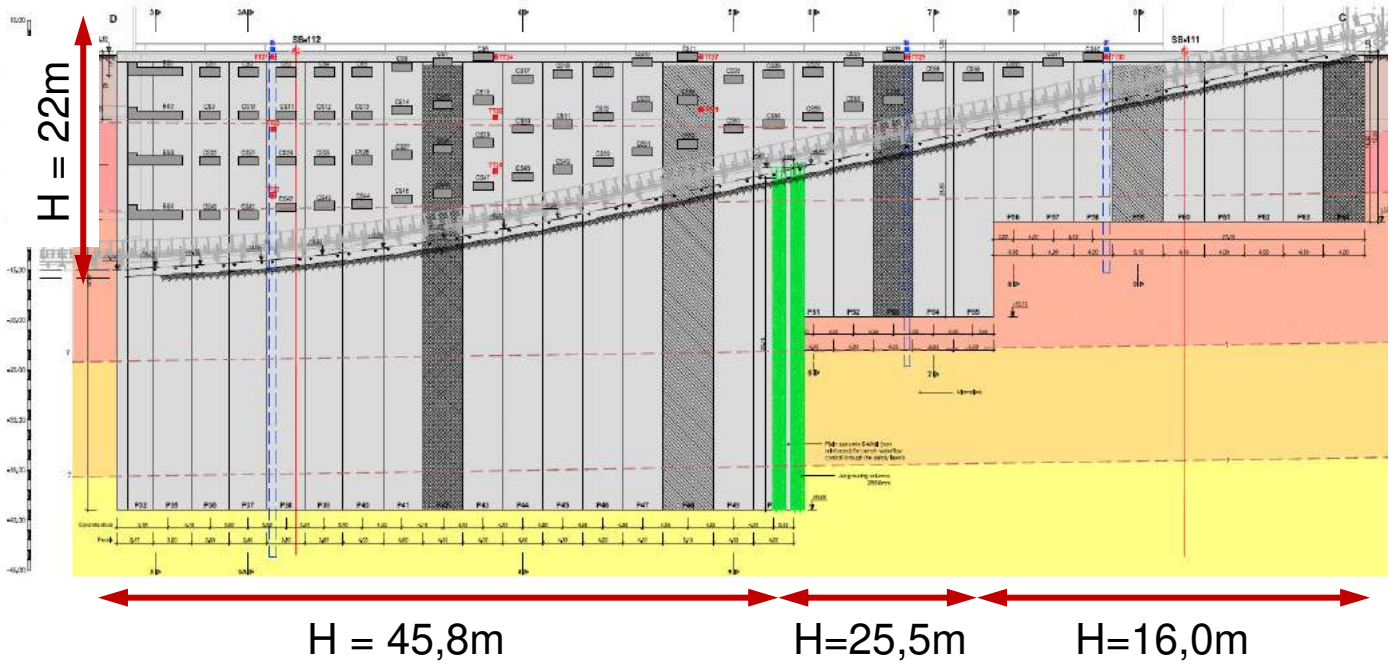


TRINCHEIRA

PAREDE MOLDADA

- ✓ Espessura painéis = 1,00m
- ✓ Painéis de arranque L=5,10m
- ✓ Painéis de continuidade L=4,00m
- ✓ Painéis de fecho L=4,00m
- ✓ 3 Colunas Ø800mm jet-grouting a tardoz das juntas

Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção



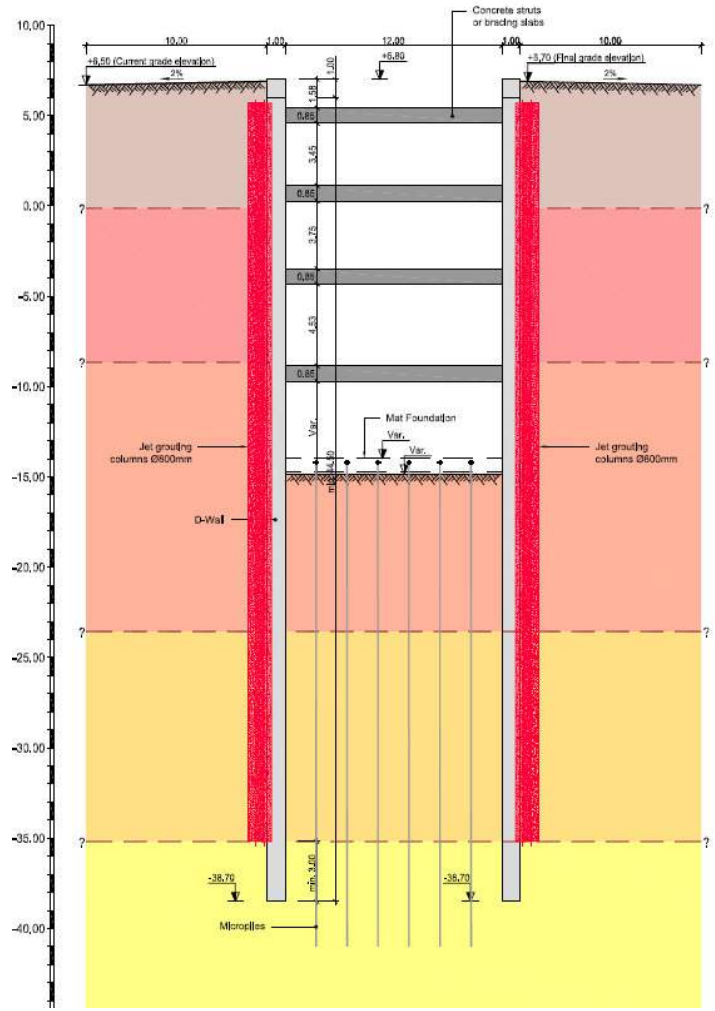
TRINCHEIRA

PAREDE MOLDADA

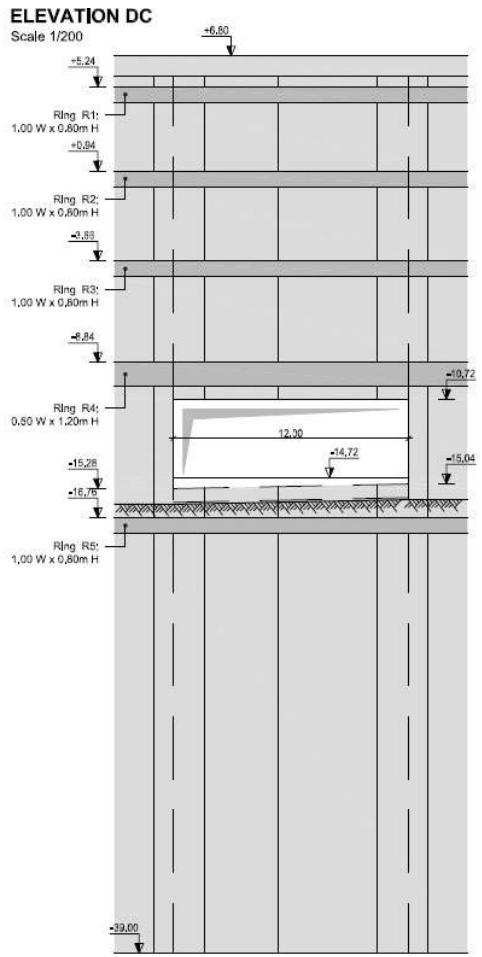
- ✓ Altura de escavação máxima 22m / Painéis com 45,8m
- ✓ Altura de escavação máxima 14m / Painéis com 25,5m
- ✓ Altura de escavação máxima 7m / Painéis com 16,0m
- ✓ Tolerância de desvio de execução 1%

Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

TRINCHEIRA



POÇO - TRINCHEIRA



TRAVAMENTO ZONA CORRENTE

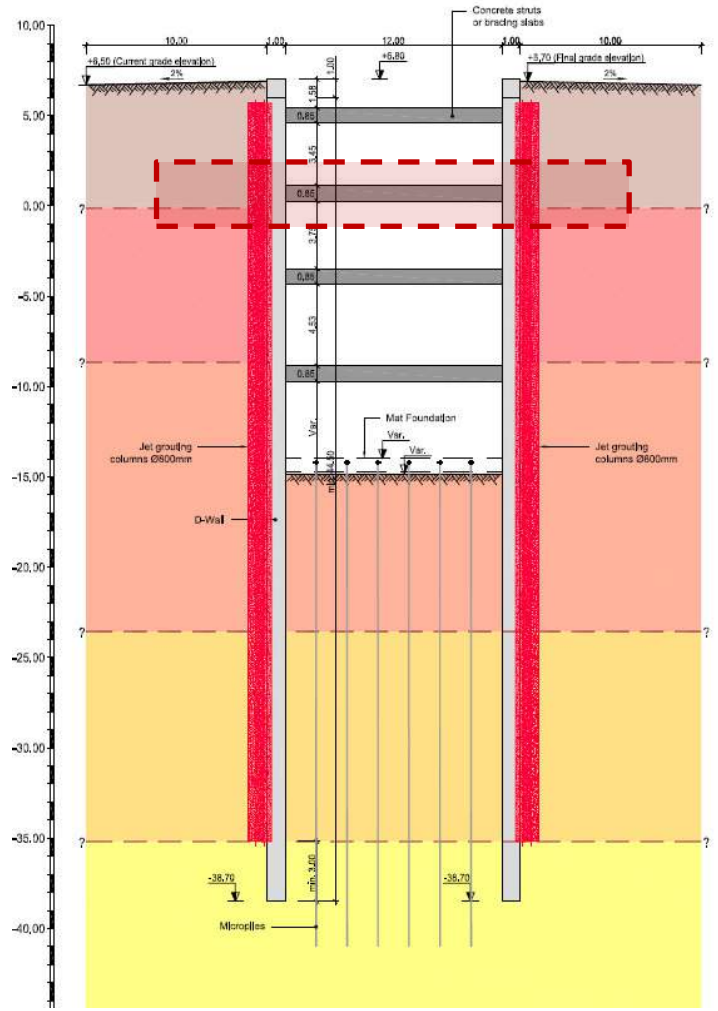
- ✓ Escoras em betão armado
- ✓ Altura 0,85m x Largura 2,00m

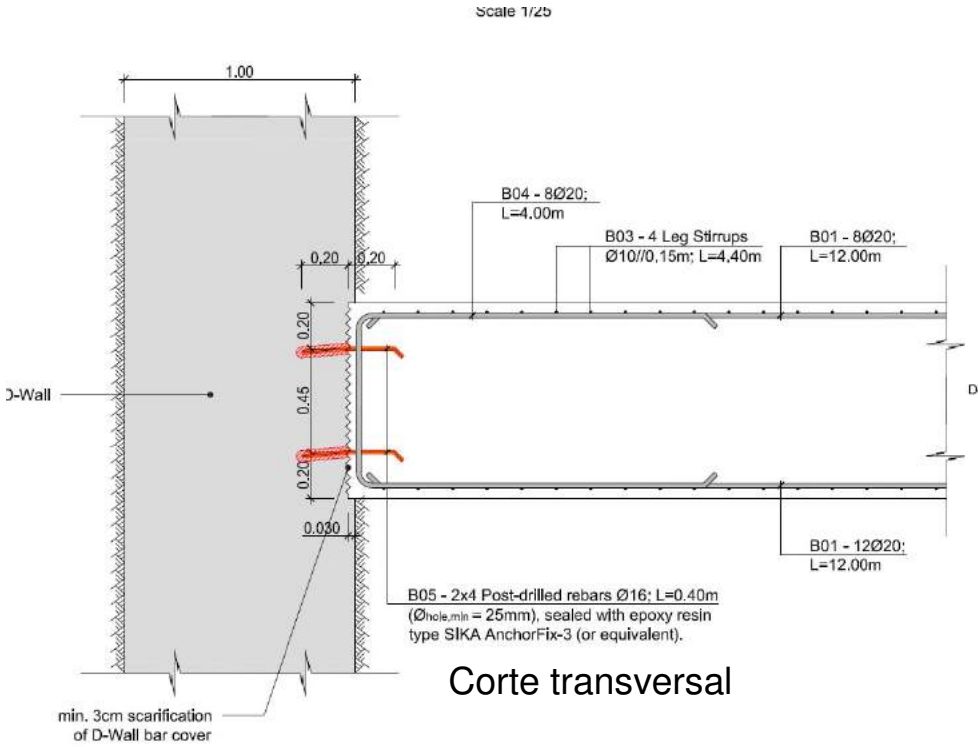
TRAVAMENTO ZONA DE LIGAÇÃO AO POÇO

- ✓ Bandas de laje em betão armado
- ✓ Espessura 0,85m

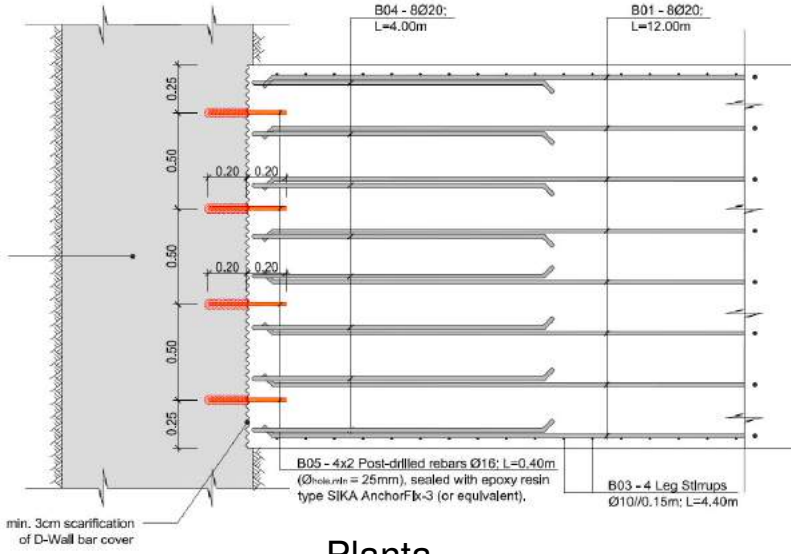
Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

TRINCHEIRA





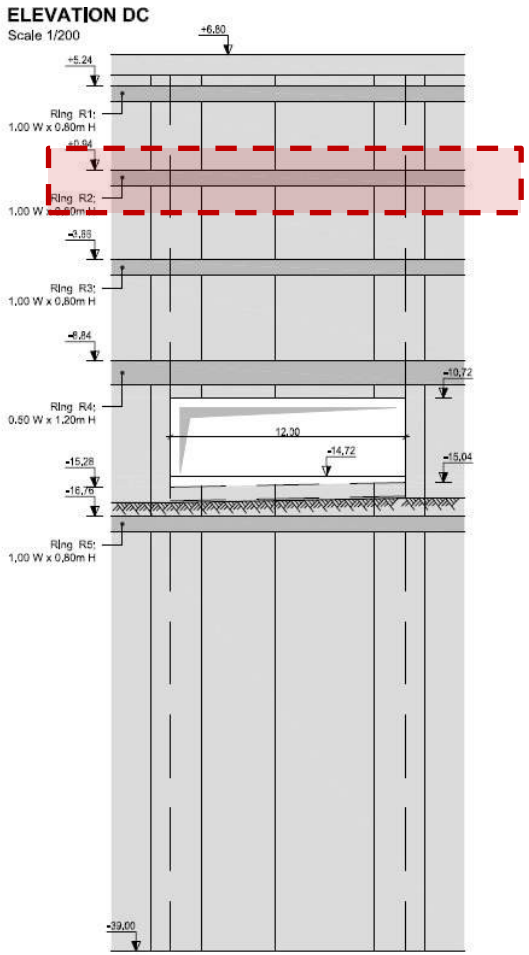
Corte transversal

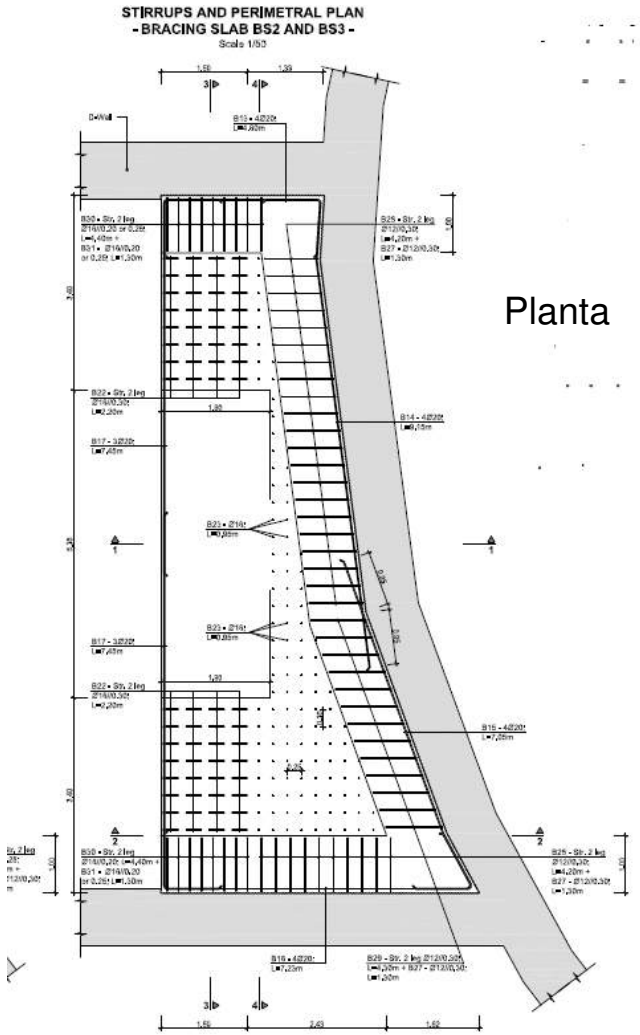


Planta

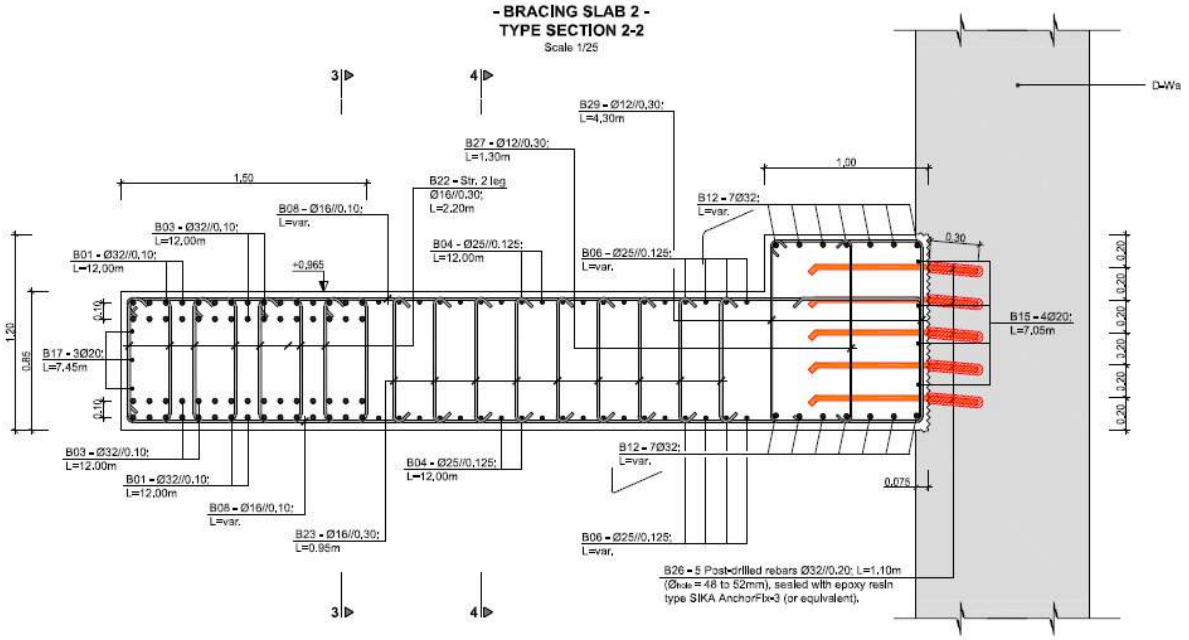
Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

POÇO - TRINCHEIRA





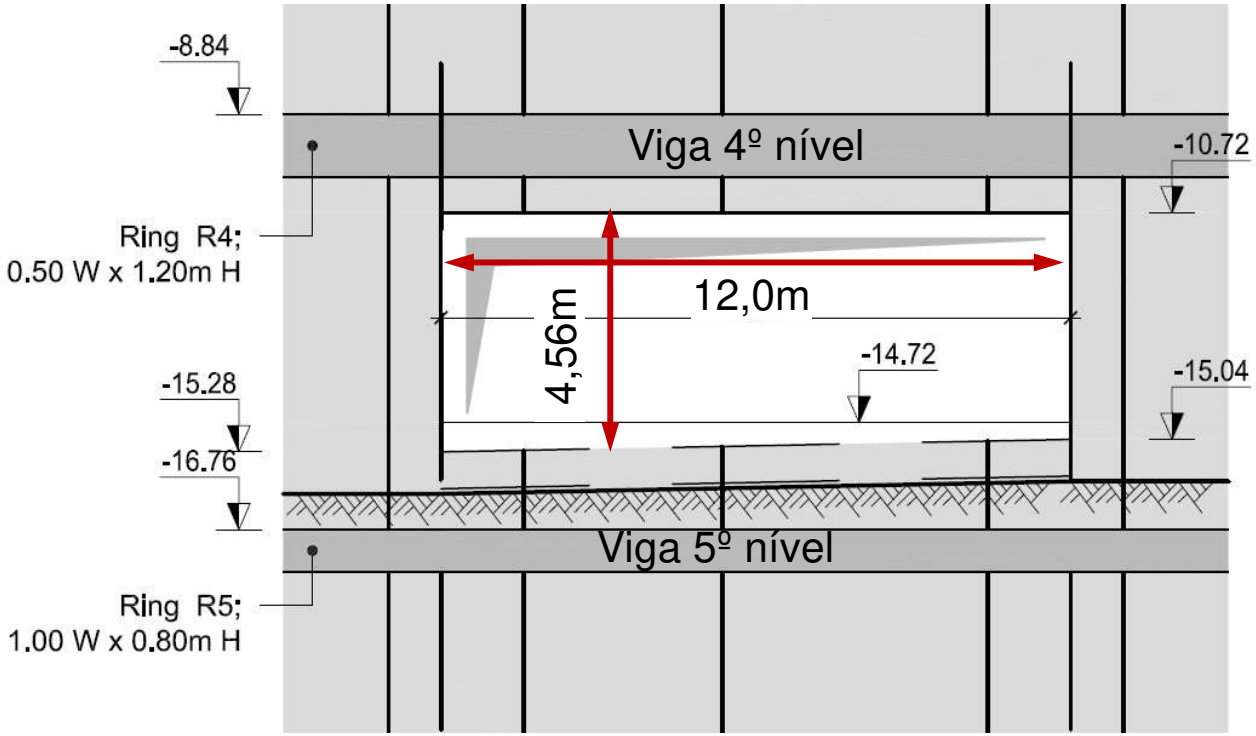
Planta

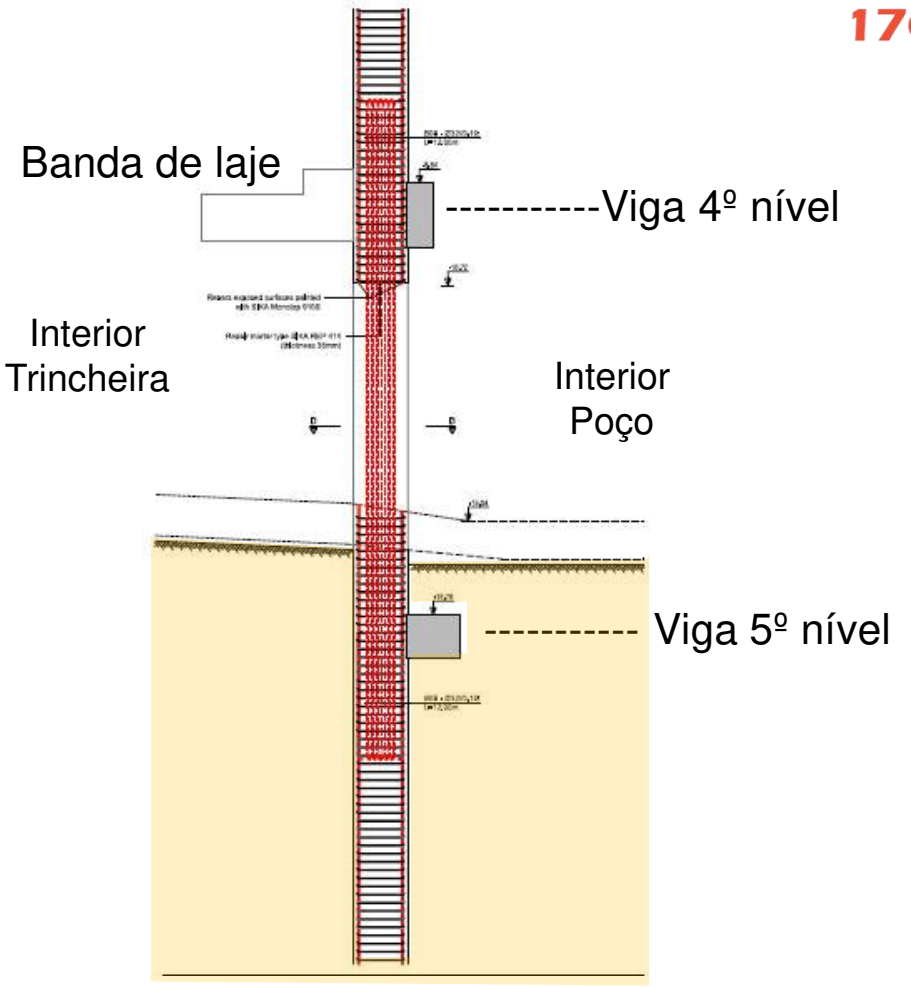


Corte transversal

Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

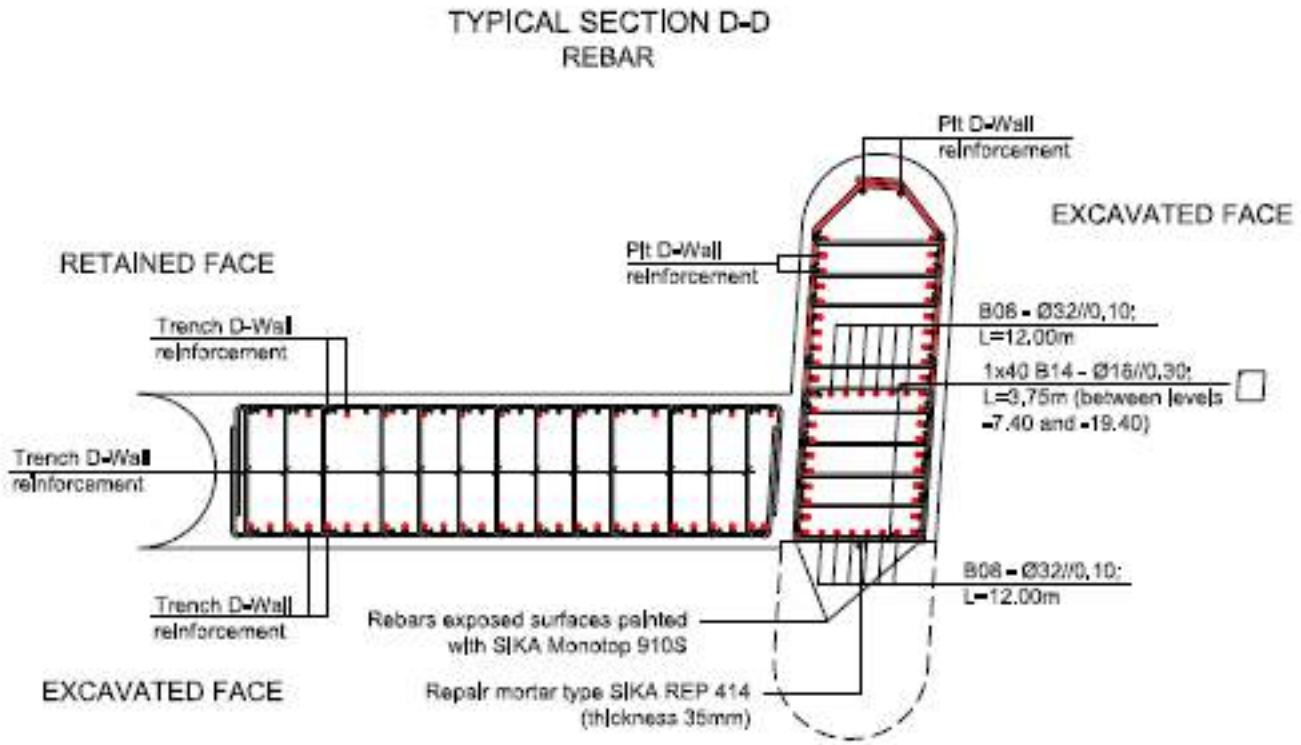
POÇO - TRINCHEIRA

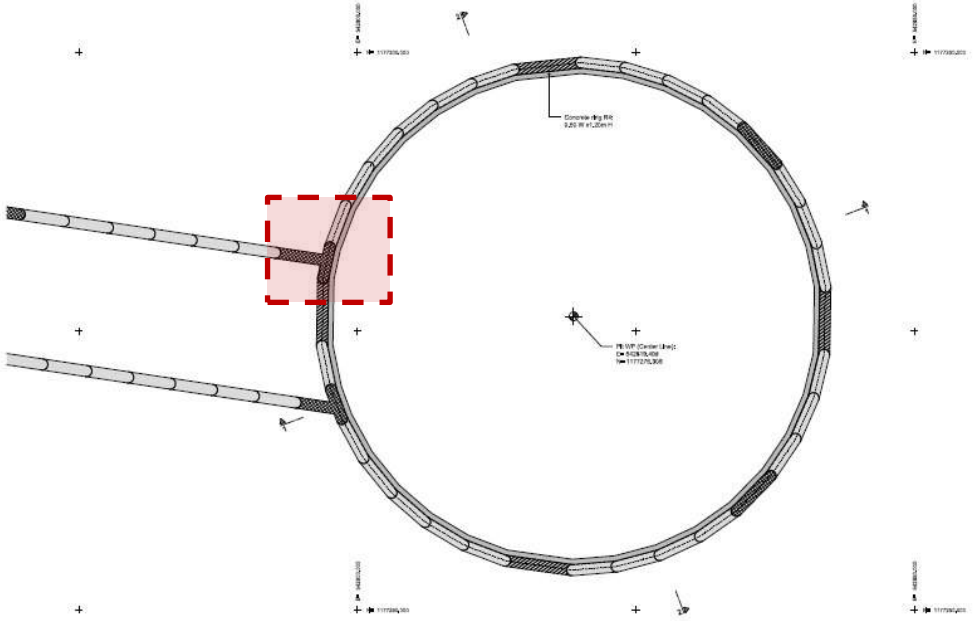




Soluções Adotadas – Estrutura de Contenção

POÇO - TRINCHEIRA





Soluções Adotadas – Laje de Fundo

LAJE DE FUNDO

- ✓ Paredes moldadas intersectam a camada ZG1- argilito de baixa permeabilidade (10^{-7}m/s)
- ✓ A longo prazo poderá haver a instalação de pressões hidrostáticas sob a laje de fundo
- ✓ Laje de fundo em betão armado fundada em microestacas
- ✓ Equipamentos com tolerância reduzida a assentamentos diferenciais
- ✓ Microestacas também equilibram cargas de compressão provenientes da estrutura interna e equipamentos

Soluções Adotadas – Laje de Fundo

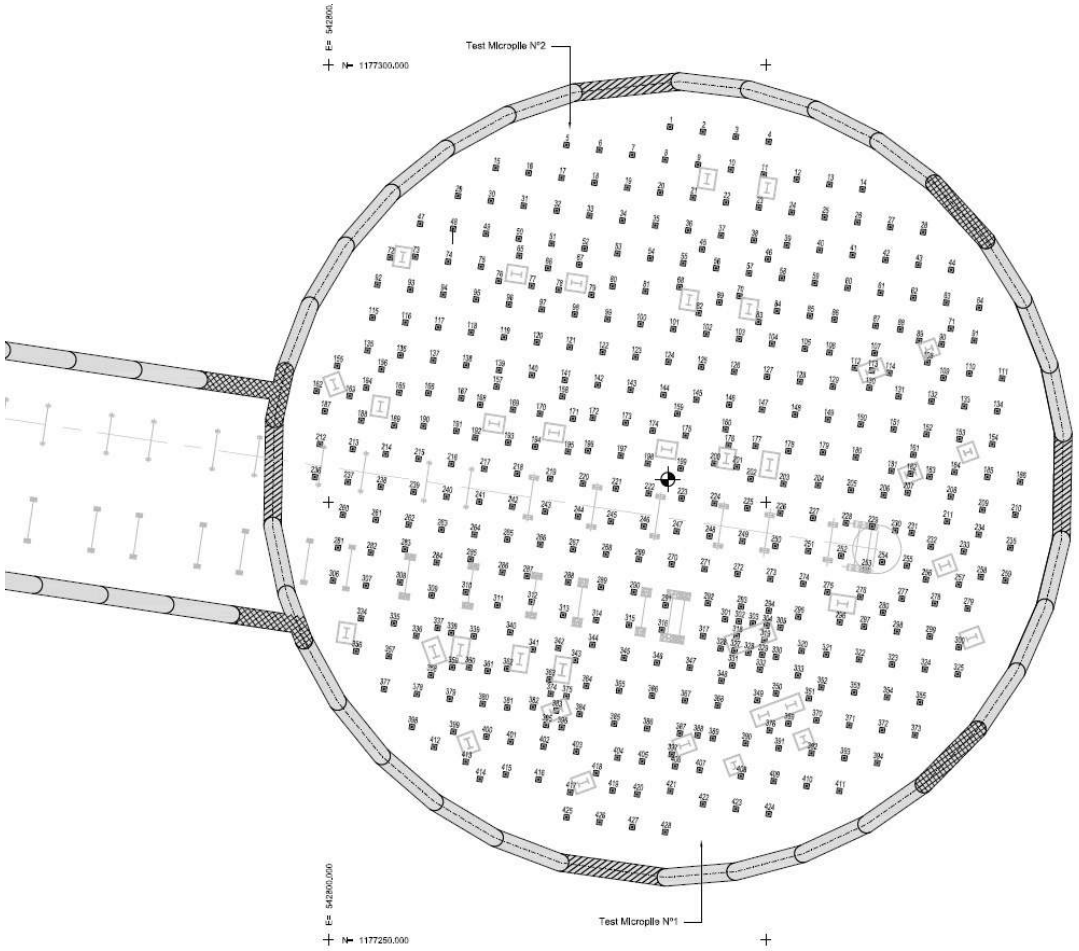
LAJE DE FUNDO

Ações atuantes

- ✓ Pressão hidrostática ascendente (nível de água 1m acima do nível do solo)
- ✓ Cargas das estruturas interiores e equipamentos

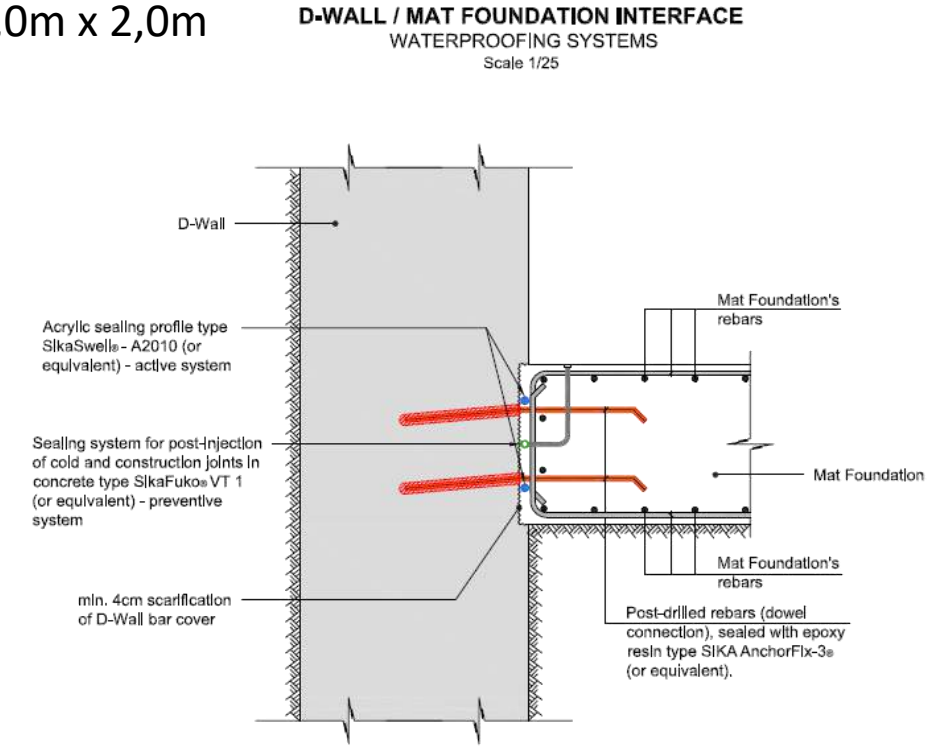
Soluções Adotadas – Laje de Fundo

LAJE DE FUNDO



Poço

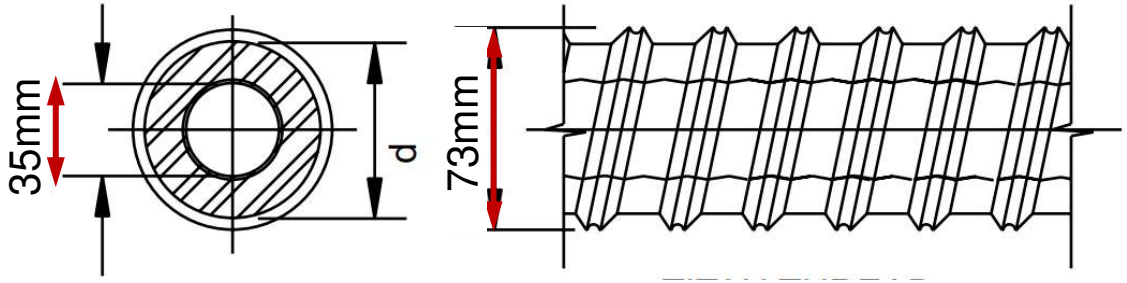
- ✓ Laje de fundo e=70cm (geral)
- ✓ 428 x Microestacas autoperfurantes
- ✓ Malha aproximada 2,0m x 2,0m
- ✓ L=28m



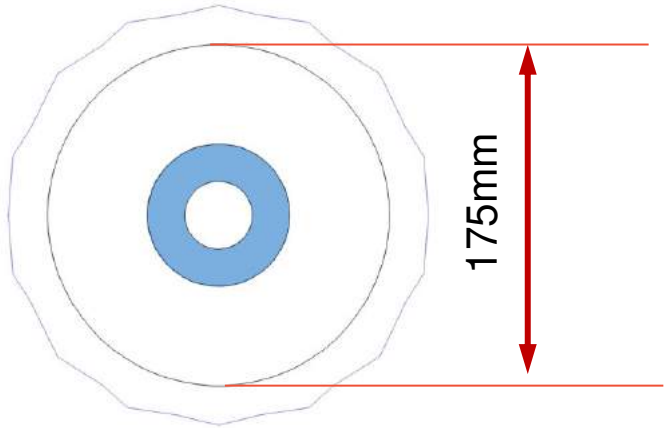
Soluções Adotadas – Laje de Fundo

MICROESTACAS

- ✓ TITAN 73/35mm
- ✓ Carga de dimensionamento 856 kN
- ✓ Carga última 1160kN



- ✓ Ponteira Ø175mm
- ✓ Acopolador Ø95mm
- ✓ Diâmetro do bolbo = diâmetro ponteira + 20mm

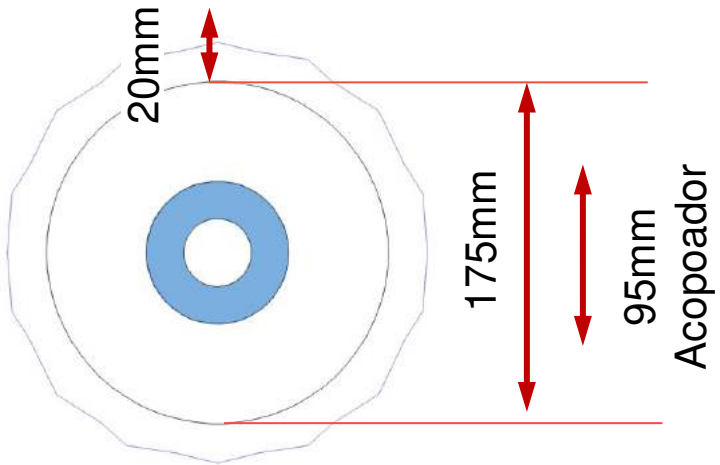


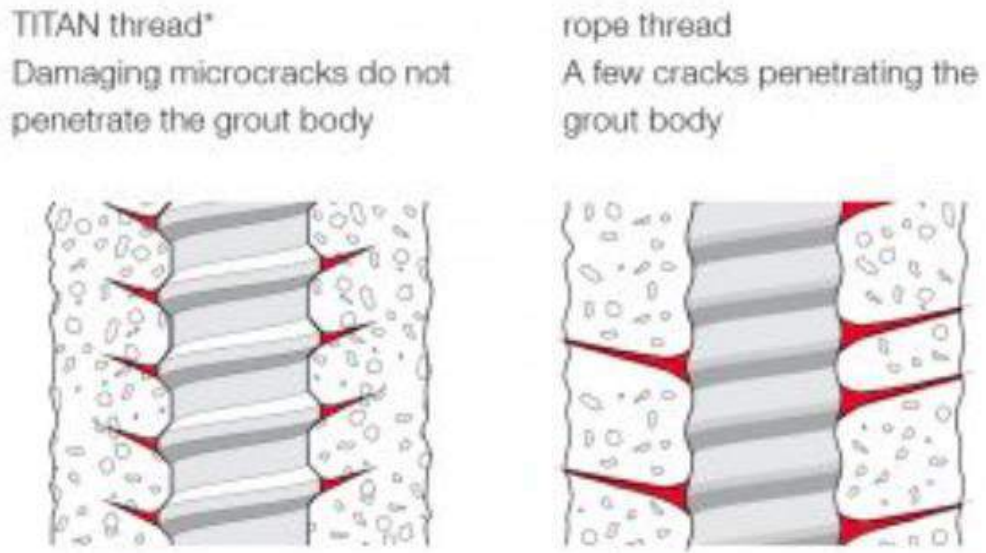
Soluções Adotadas – Laje de Fundo

MICROESTACAS

Durabilidade / Controlo Corrosão

- ✓ Assegurada pelo bolbo de selagem
- ✓ Barra Titan assegura abertura de fendas <0,1mm
- ✓ EN14199/DIN 30mm recobrimento mínimo (tração)



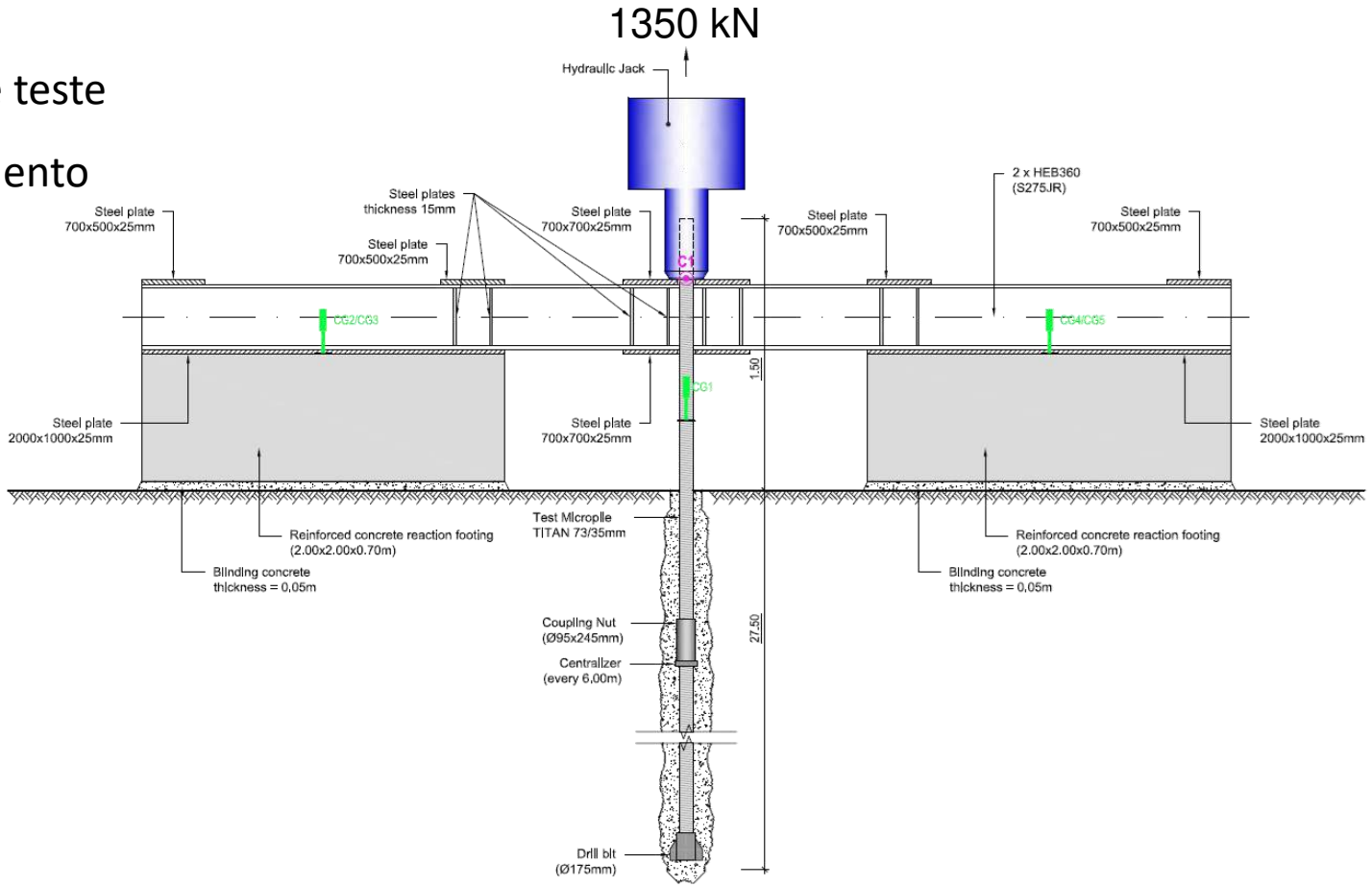


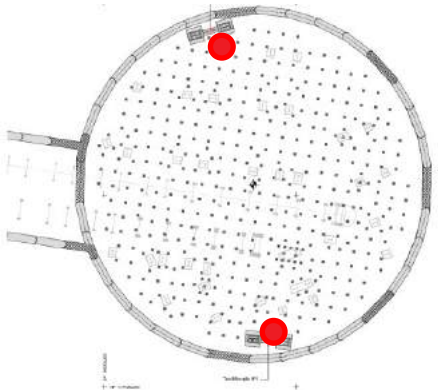
Recobrimento = (175+20-95)/2=50mm > 30mm

Soluções Adotadas – Laje de Fundo

MICROESTACAS

- ✓ 2 x Microestacas de teste
- ✓ Ensaio de arrancamento

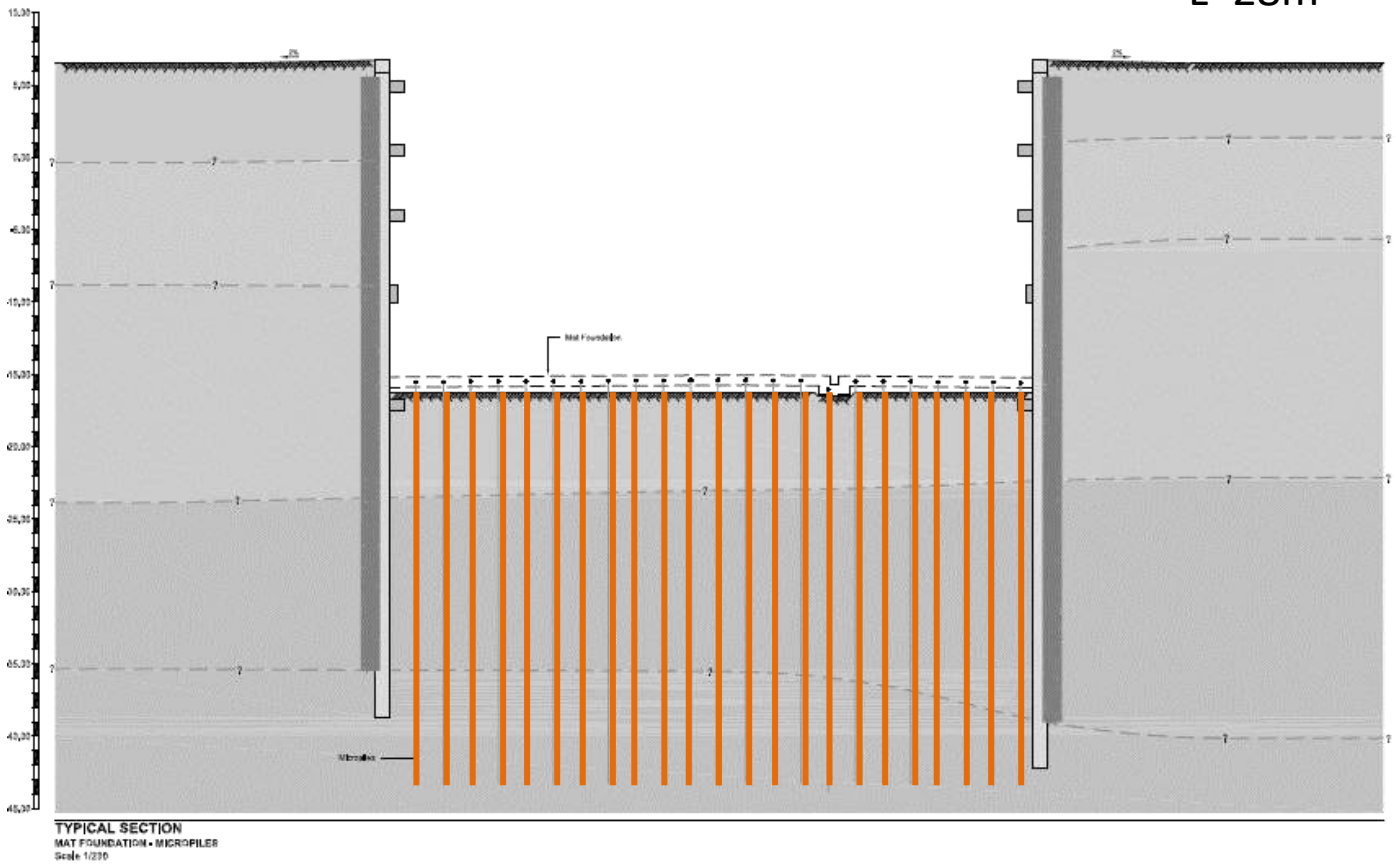


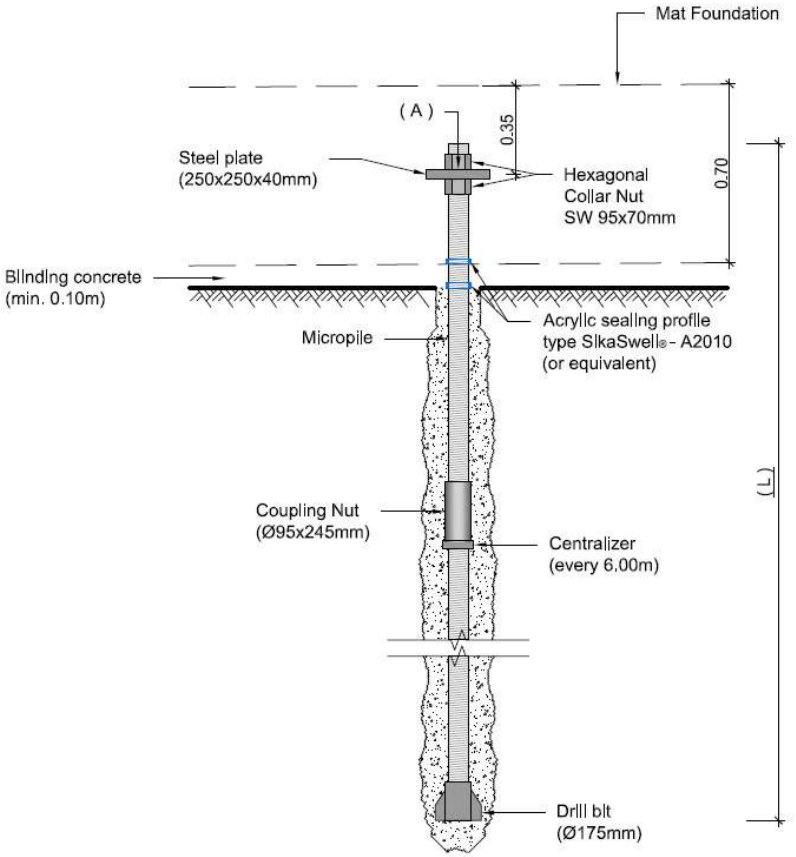


Soluções Adotadas – Laje de Fundo

LAJE DE FUNDO - POÇO

- ✓ 428 x Microestacas autoperfurantes
- ✓ L=28m

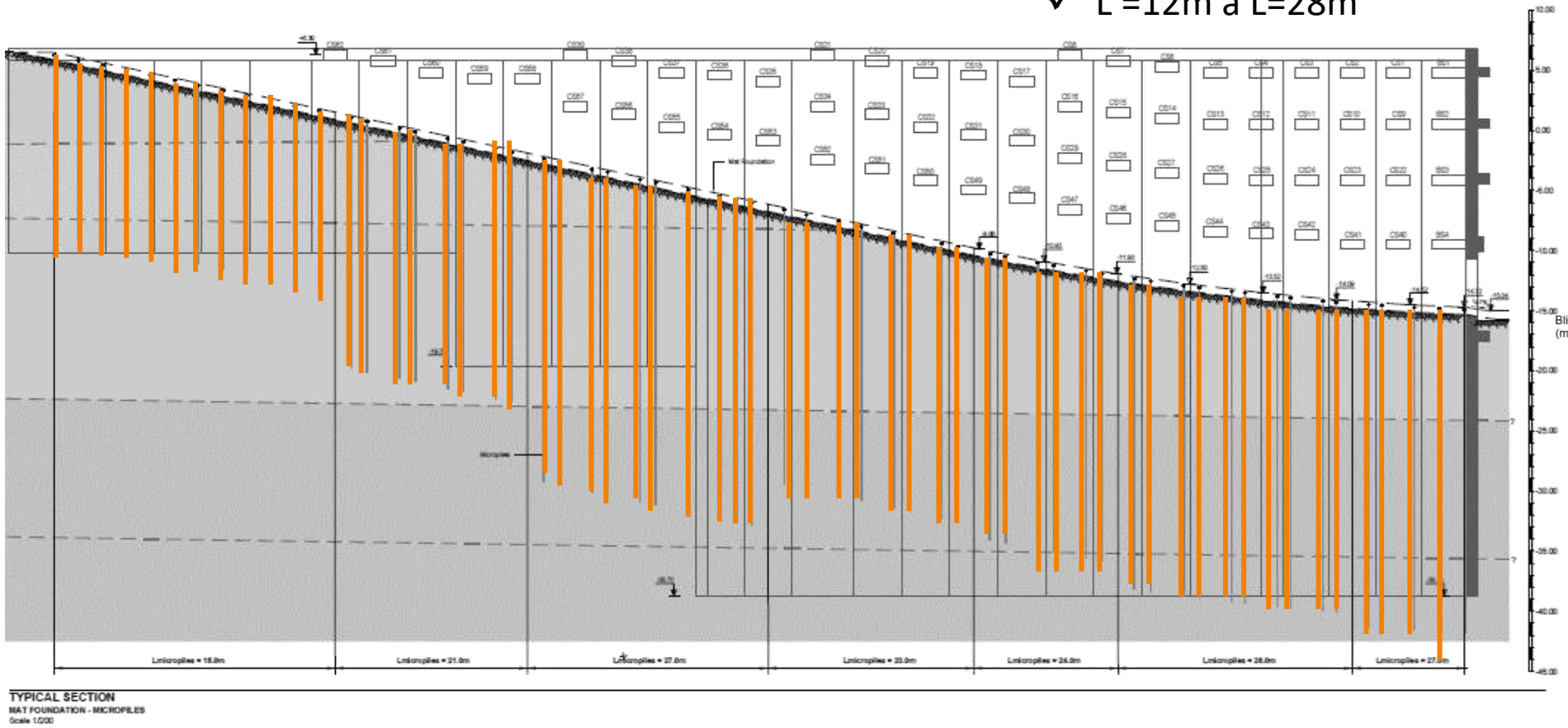


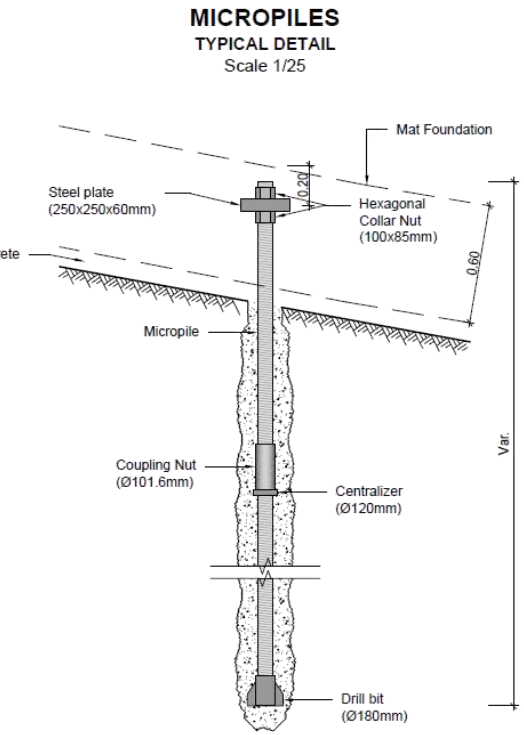


Soluções Adotadas – Laje de Fundo

LAJE DE FUNDO - TRINCHEIRA

- ✓ 255 x Microestacas autoperfurantes
- ✓ L =12m a L=28m





Soluções Adotadas – Materiais

Betão:

-Betão de regularização:	NP EN 206-1; C12/15
- Muros Guia:	NP EN 206-1; C16/20; X0(Pt); Cl 0.40; D20; S3
- Parede Moldada:	NP EN 206-1; C35/45; XC4+XS3(Pt); Cl 0.20; D20; S4
- Viga de Coroamento:	NP EN 206-1; C35/45; XC4+XS3(Pt); Cl 0.20; D20; S3
-Vigas anelares, escoras horizontais e lajes:	NP EN 206-1; C35/45; XC4+XS3(Pt); Cl 0.20; D20; S3

Aço:

- Aço para betão armado:	A500 NR SD

Soluções Adotadas – Materiais

Colunas de Jet-Grouting Tipo 1:

- UCS 2,5MPa (28 dias)

- E=800MPa (28 dias)

Microestacas:

Microestacas autoperfurantes TITAN 73/35 (S 460 NH)

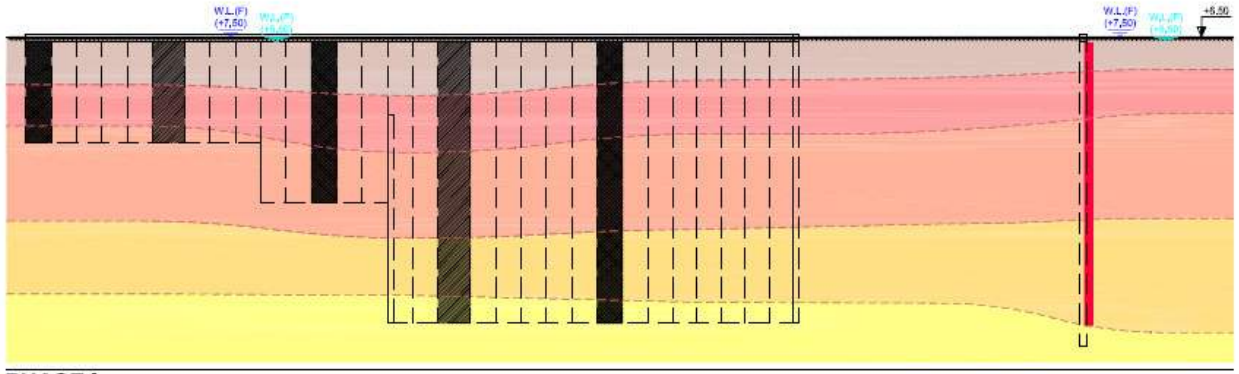
Soluções Adotadas – Processos Construtivos

- ✓ Instalação e zeragem das marcas topográficas na linha férrea existente;
- ✓ Preparação da Plataforma de trabalho;
- ✓ Execução dos muros guia;
- ✓ Escavação, preenchimento com bentonite e execução dos painéis de parede moldada com sequência primária e secundária e com encastramento mínimo de 3m na camada ZG1;
- ✓ Instalação previa no interior dos painéis das calhas inclinométricas;
- ✓ Demolição dos muros guia e execução da viga de coroamento dos painéis de parede moldada;
- ✓ Execução das colunas de jet-grouting no tardoz das juntas entre painéis de parede moldada;

Soluções Adotadas – Processos Construtivos

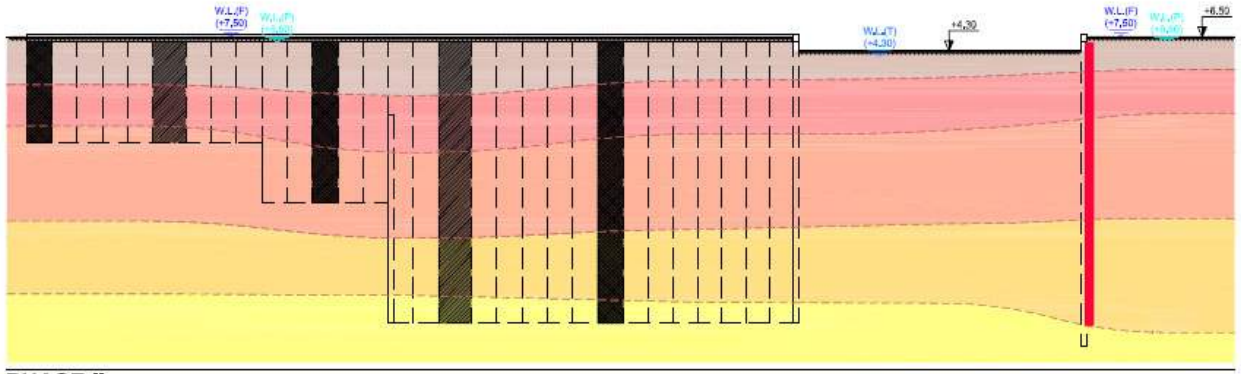
- ✓ Instalação e zeragem dos piezómetros;
- ✓ Execução dos furos de alívios de pressões hidrostáticas no interior do poço e da trincheira;
- ✓ Escavação faseada no interior do poço até à cota de fundo da escavação com instalação das vigas anelares de travamento em betão armado no final de cada fase de escavação e instalação dos alvos topográficos ao nível das referidas vigas;
- ✓ Escavação faseada no interior da trincheira até à cota de fundo da escavação com instalação das vigas de travamento em betão armado no final de cada fase de escavação e instalação dos alvos topográficos ao nível das referidas vigas;
- ✓ Demolição localizada dos painéis de parede moldada para materialização da abertura entre o poço e a trincheira.

Soluções Adotadas – Processos Construtivos



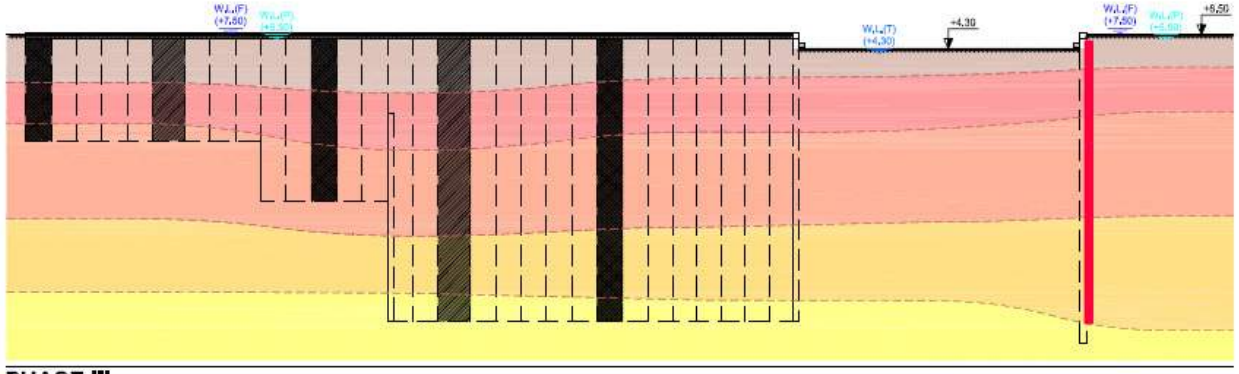
PHASE I

- Execution of Plt and Trench D-Walls and respective capping beams
- Execution of Jet Grouting columns on the backside of the panels



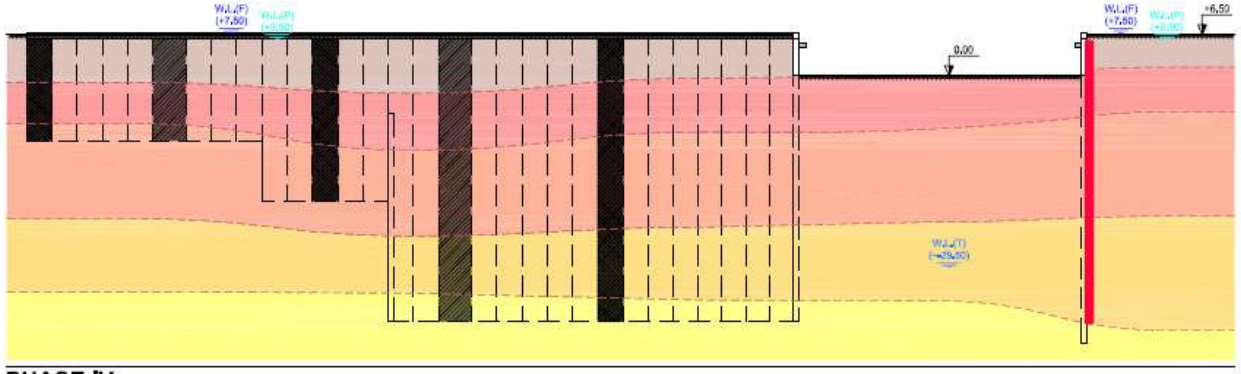
PHASE II

- Execution of the Plt's 1st level of excavation



PHASE III

- Execution of the Pit's 1st Ring Beam

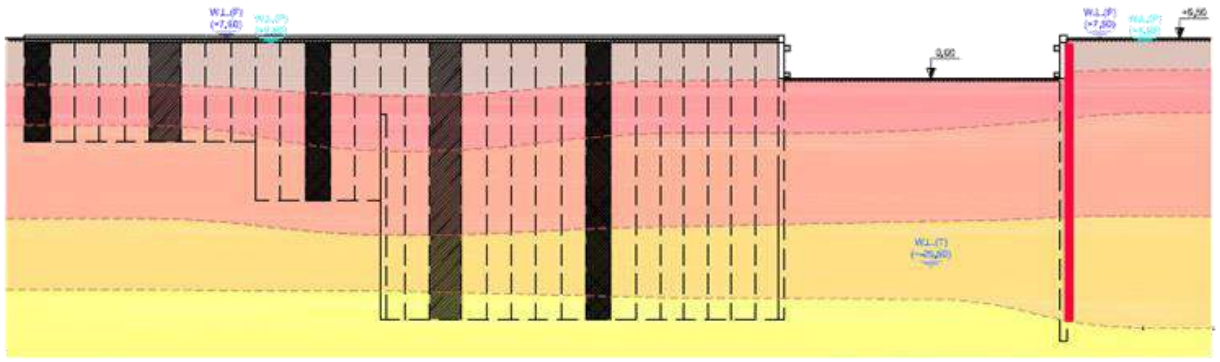


PHASE IV

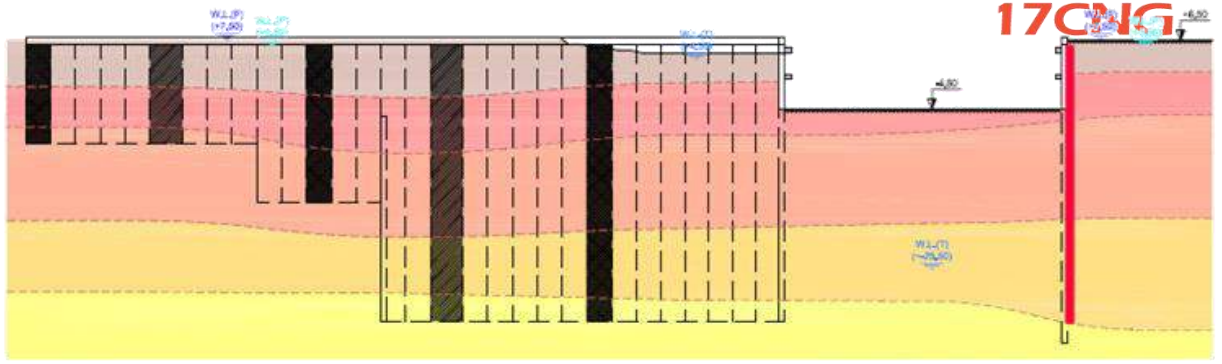
- Execution of the Pit's 2nd level of excavation

FASEAMENTO CONSTRUTIVO 1/5

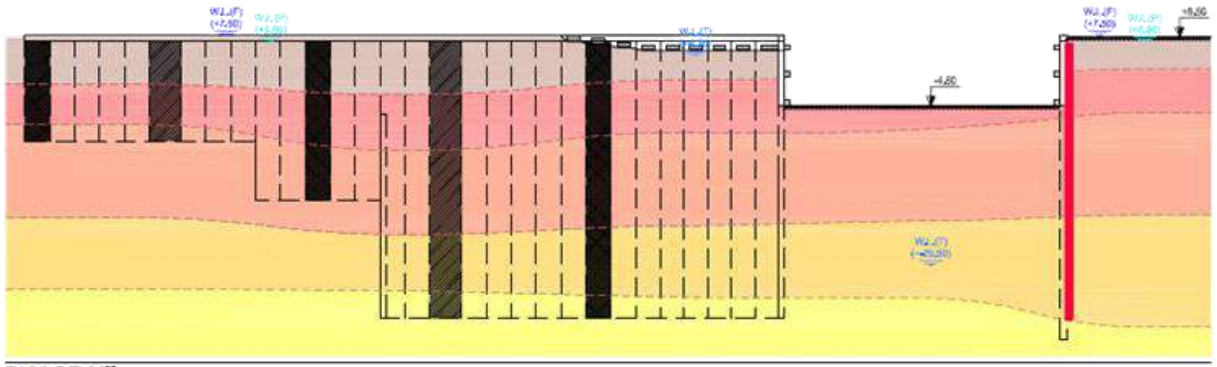
Soluções Adotadas – Processos Construtivos



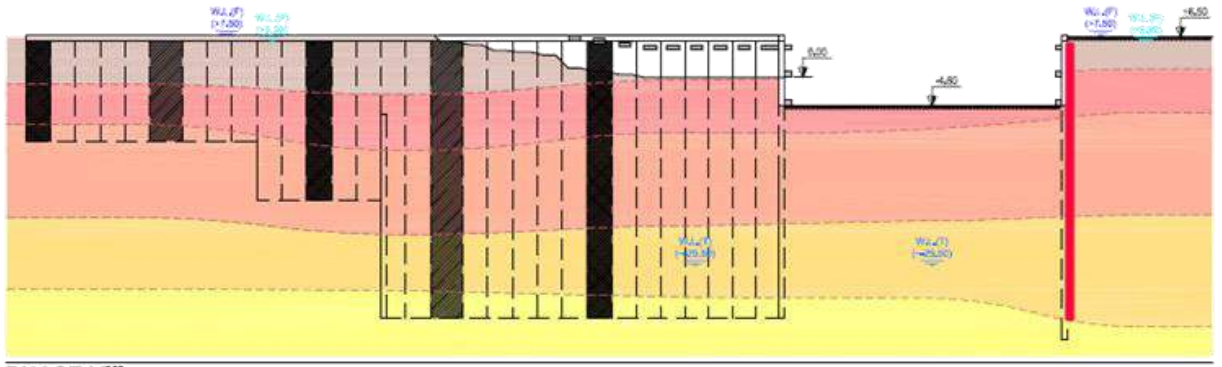
PHASE V
- Execution of the Plt's 2nd Ring Beam



PHASE VI
- Execution of the Plt's 3rd level of excavation
- Execution of the Trench's 1st level of excavation



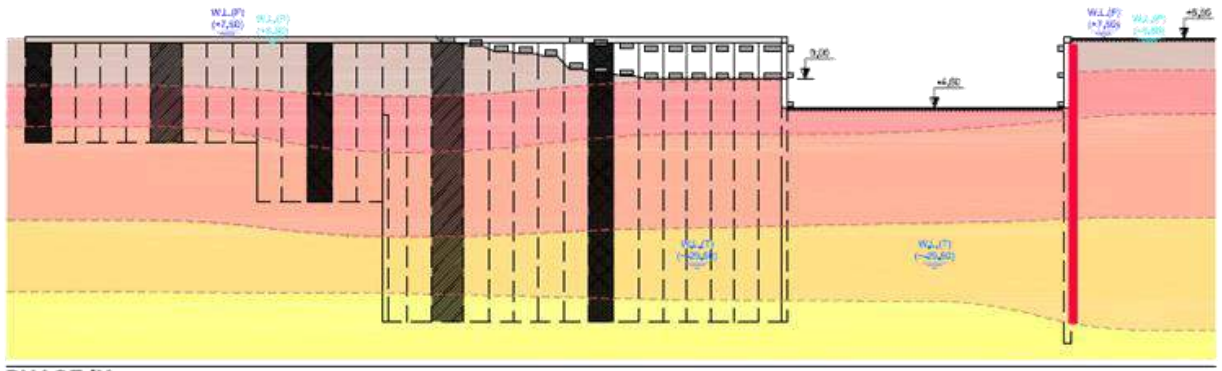
PHASE VII
- Execution of the Plt's 3rd Ring Beam
- Execution of the Trench's 1st level of Bracing Slabs and Concrete Struts



PHASE VIII
- Execution of the Trench's 2nd level of excavation

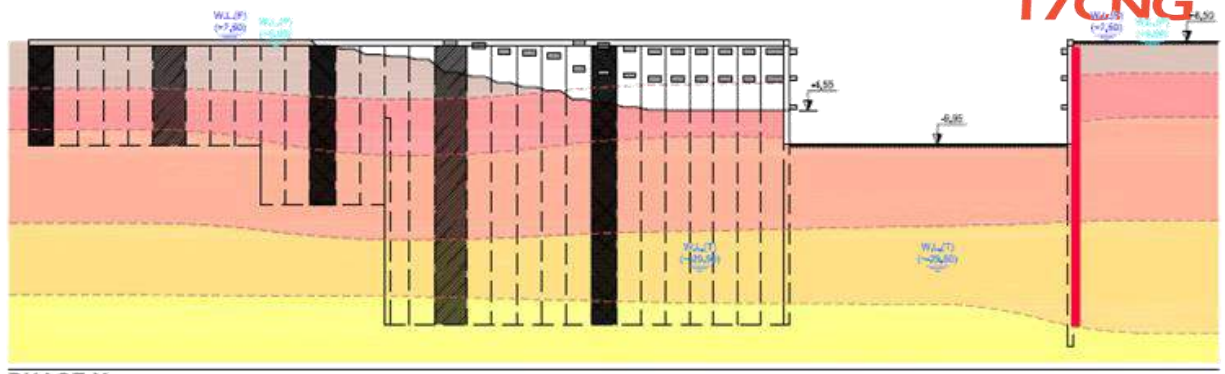
FASEAMENTO CONSTRUTIVO 2/5

Soluções Adotadas – Processos Construtivos



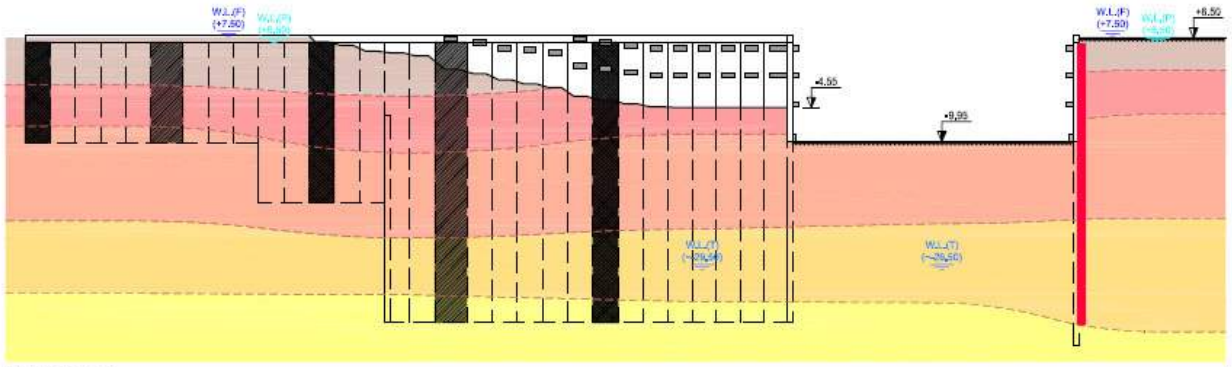
PHASE IX

- Execution of the Trench's 2nd level of Bracing Slabs and Concrete Struts



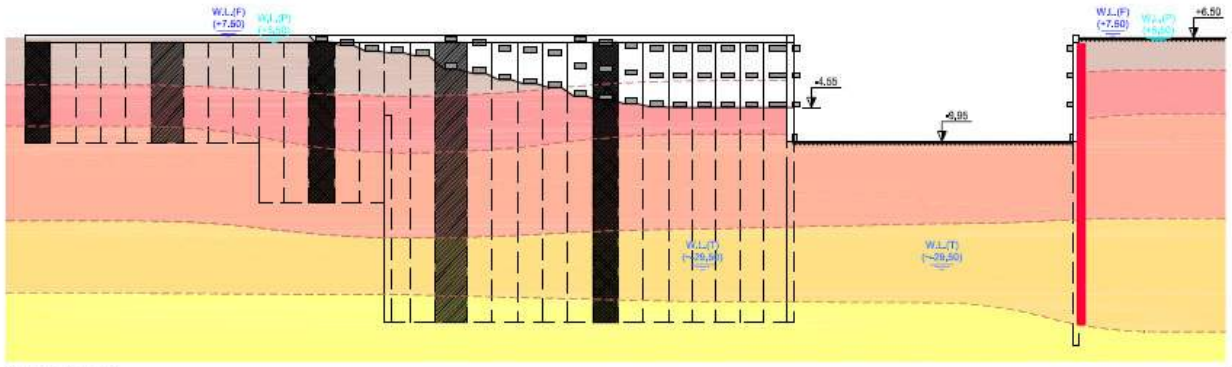
PHASE X

- Execution of the Pit's 4th level of excavation
- Execution of the Trench's 3rd level of excavation



PHASE XI

- Execution of the Pit's 4th Ring Beam

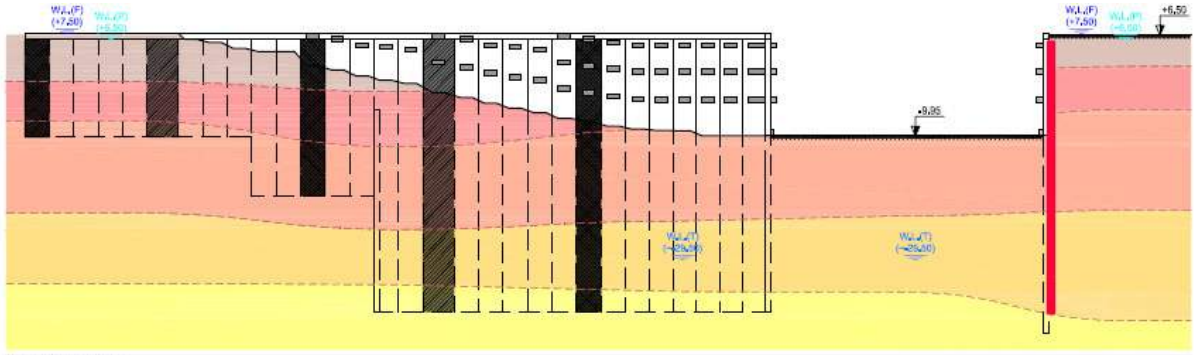


PHASE XII

- Execution of the Trench's 3rd level of Bracing Slabs and Concrete Struts

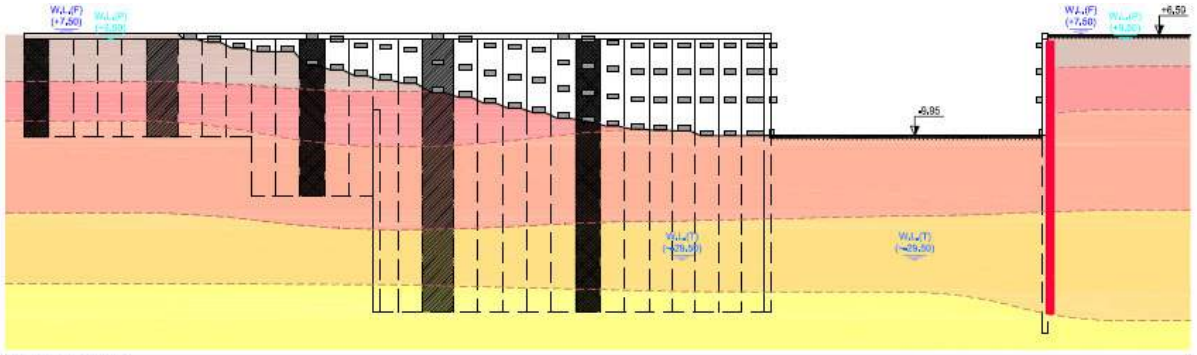
FASEAMENTO CONSTRUTIVO 3/5

Soluções Adotadas – Processos Construtivos



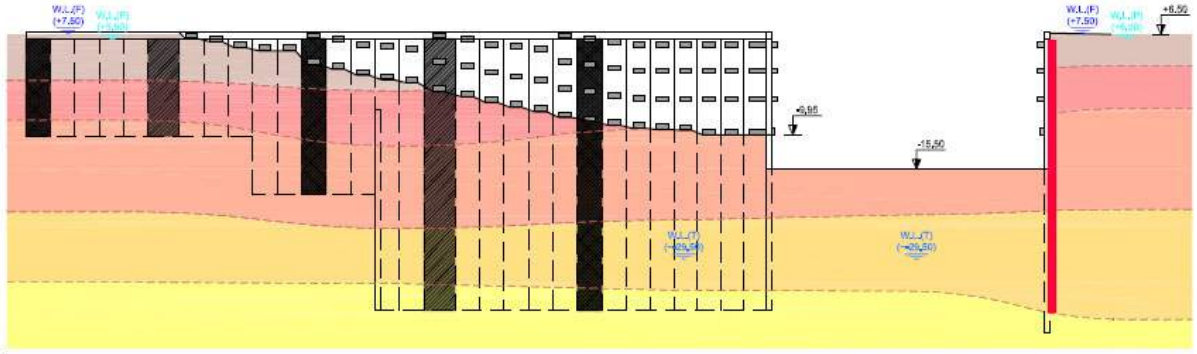
PHASE XIII

- Execution of the Trench's 4th level of excavation



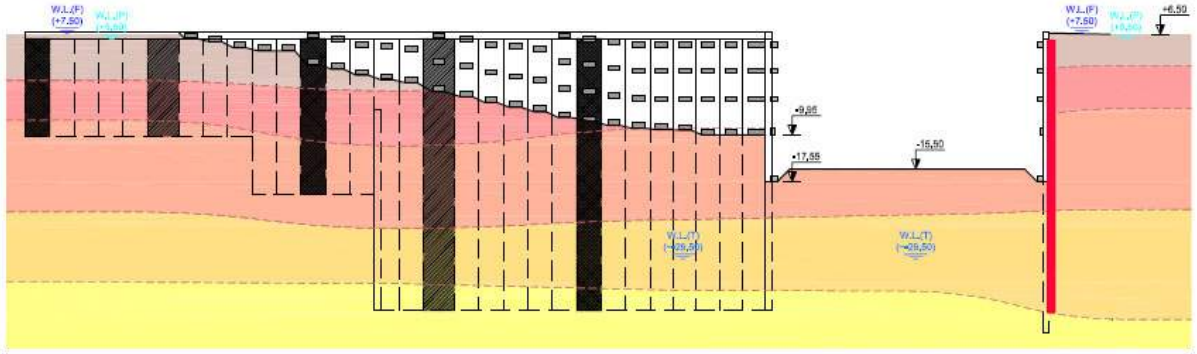
PHASE XIV

- Execution of the Trench's 4th level of Bracing Slabs and Concrete Struts



PHASE XV

- Execution of the Plt's final level of excavation (subgrade level)

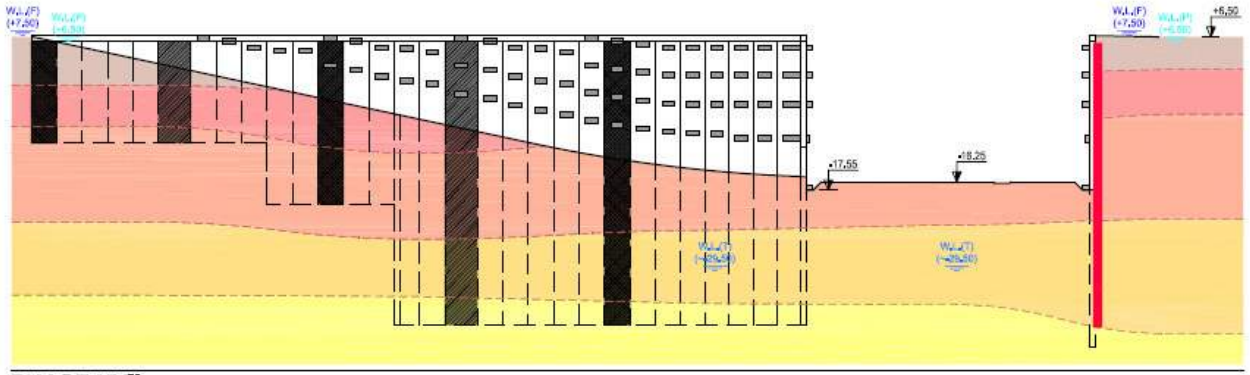


PHASE XVI

- Execution of the Plt's perimeter trench below subgrade level and installation of the 5th Ring Beam

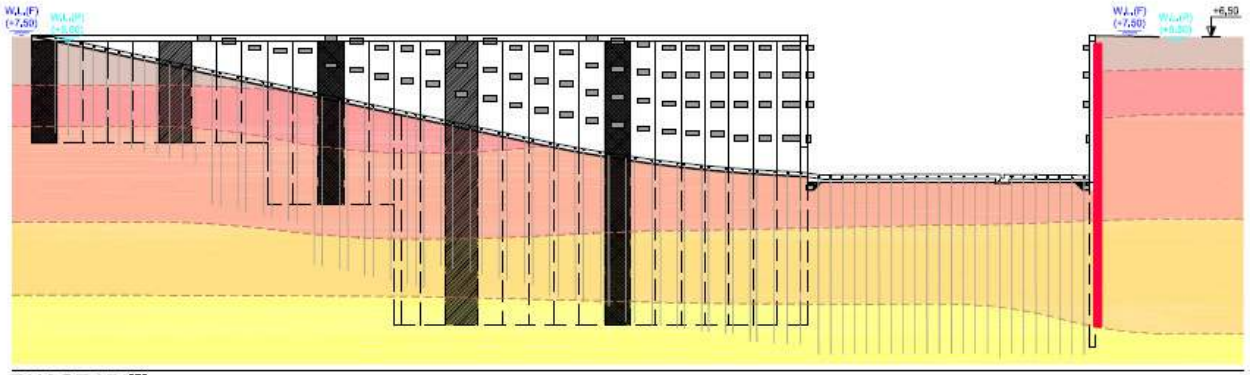
FASEAMENTO CONSTRUTIVO 4/5

Soluções Adotadas – Processos Construtivos



PHASE XVII

- D-Wall cut-out for conveyor opening

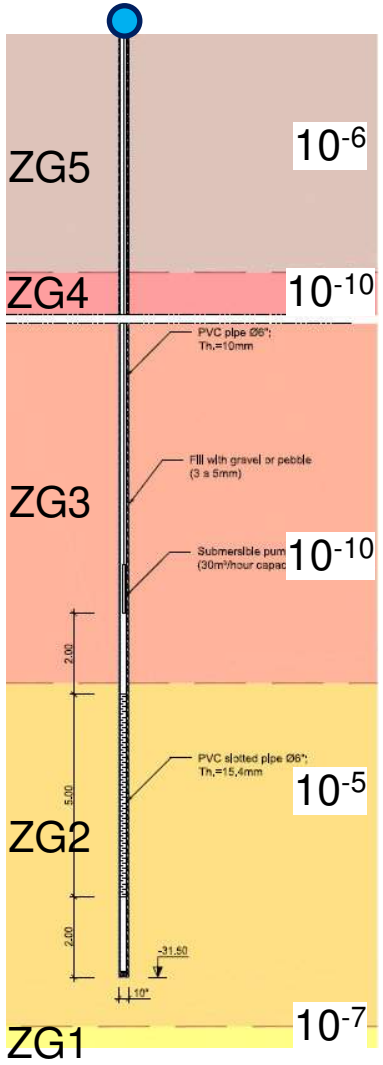


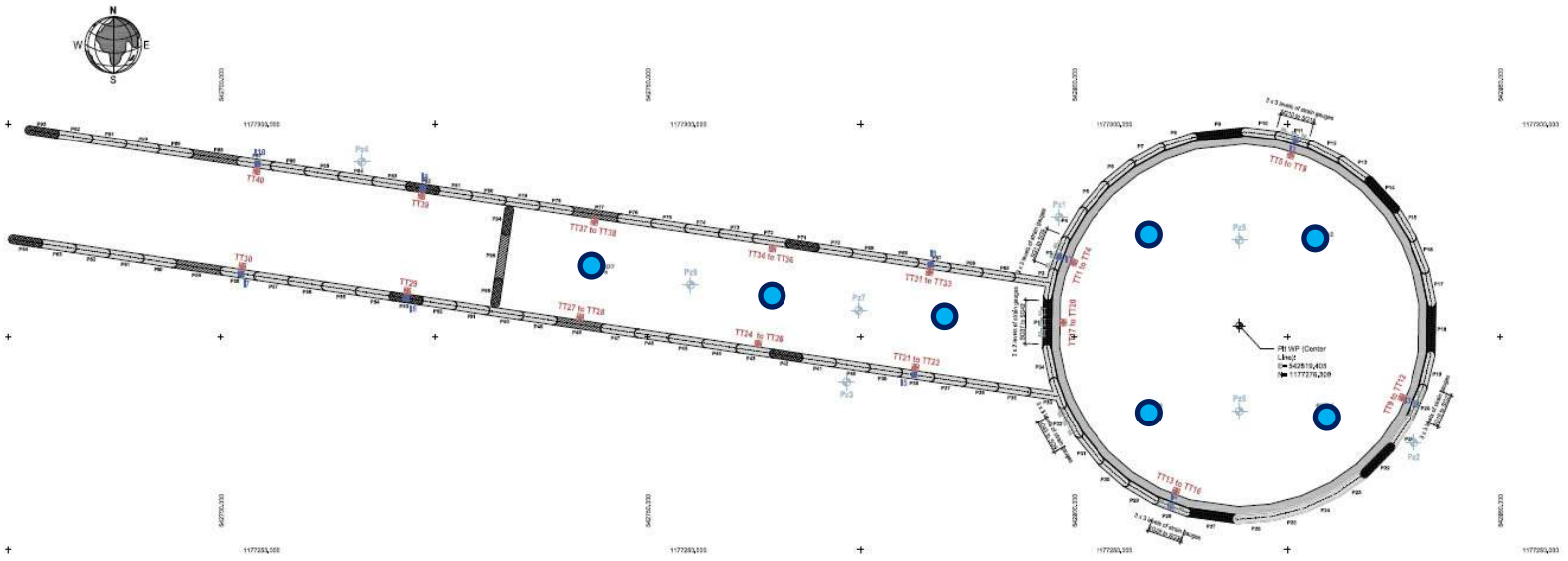
PHASE XVIII

- Execution of the Pit and Trench's mat foundations and self-drilling micropiles

FASEAMENTO CONSTRUTIVO 5/5

Soluções Adotadas – Processos Construtivos





- ✓ 8 x Furos de alívio de pressões hidrostáticas
- ✓ Tubo PVC diâmetro mínimo 10’’
- ✓ Preenchido com brita
- ✓ Crepinado ao nível da camada ZG2 (Areias Siltosas)

FUROS DE ALÍVIO

Soluções Adotadas – Processos Construtivos

Execução de Paredes Moldadas

- ✓ De acordo com a norma EN1538:2010
- ✓ Tolerância de desvio de verticalidade de 1% assegurada pelo empreiteiro
- ✓ Encastramento mínimo de 3m na camada do Ordoviciano
- ✓ Deverá ser assegurado que dois painéis adjacentes não desviam em sentidos opostos
- ✓ Em caso de desvio em sentidos opostos deverá ser efetuado reaterro e nova escavação
- ✓ Escavação de painéis possível a mais de 10m de distância de um painel betonado a menos de 24h
- ✓ Altura de painel a sanear de no mínimo 70cm

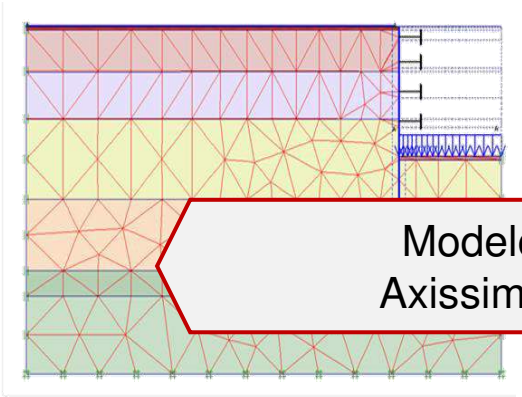
Execução das vigas anelares de travamento

- ✓ Requisito para avanço da escavação - resistência mínima (fck,min) de 22,75MPa

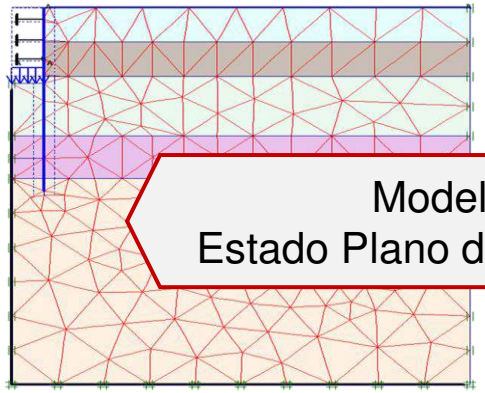
Índice

- INTRODUÇÃO
- ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica – Estrutura de Contenção



Modelo 2D
Axissimétrico

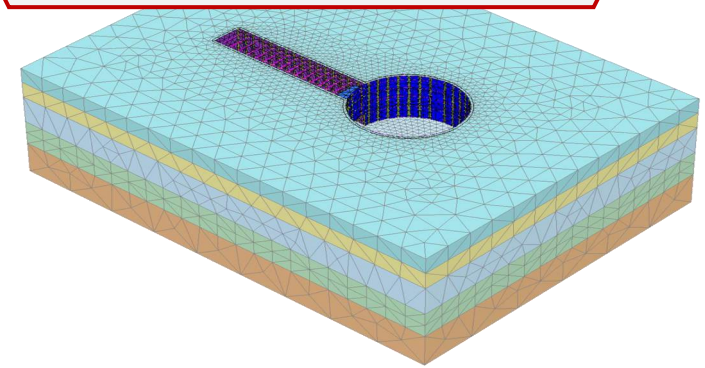


Modelo 2D
Estado Plano de Deformação

Poço

Trincheira

Modelo 3D



Software: PLAXIS

Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Modelação do comportamento de estruturas em interação com o solo

2D

- Análises preliminares do poço e trincheira;
- Modelos simples e com algum nível de simetria ou continuidade;
- Tempo de processamento curto;
- Fácil implementação de análises iterativas e de sensibilidade.

3D

- Avaliação do comportamento global da estrutura;
- Modelação da região de contato entre a trincheira e o poço;
- Avaliação do desequilibro de impulsos originado pela escavação da trincheira.

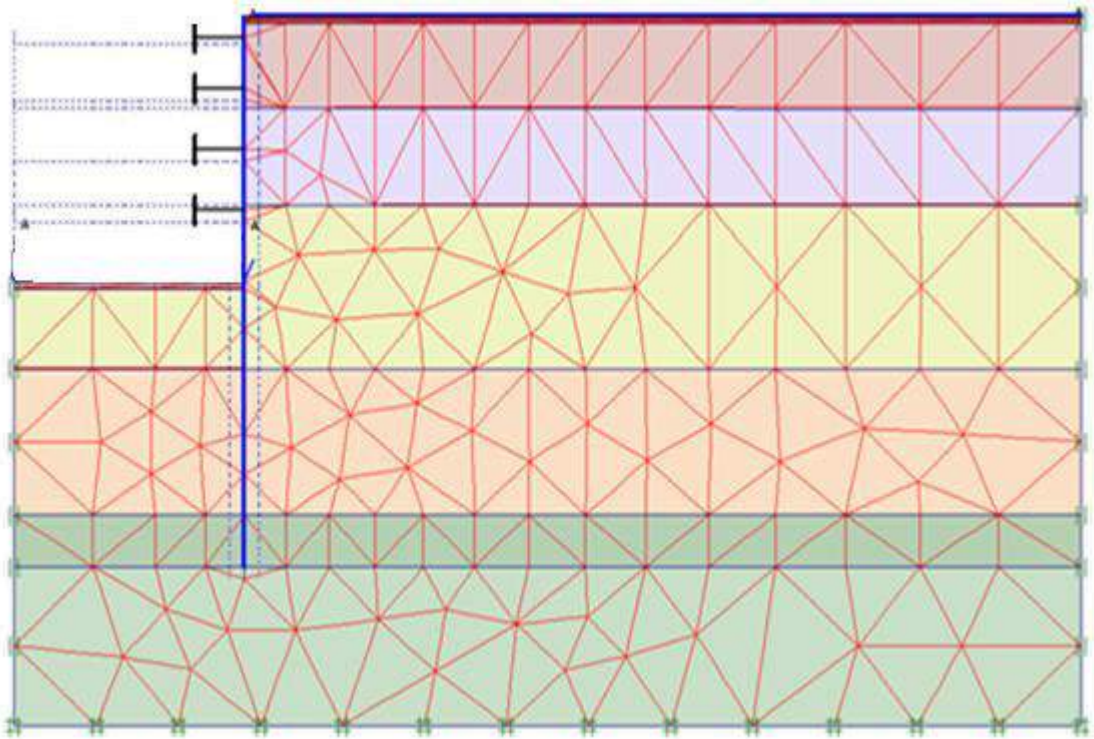
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

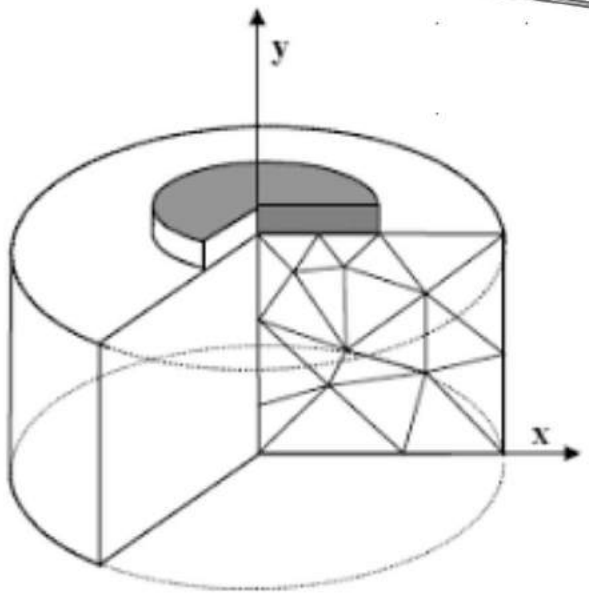
Modelo Constitutivo: *Hardening-Soil*

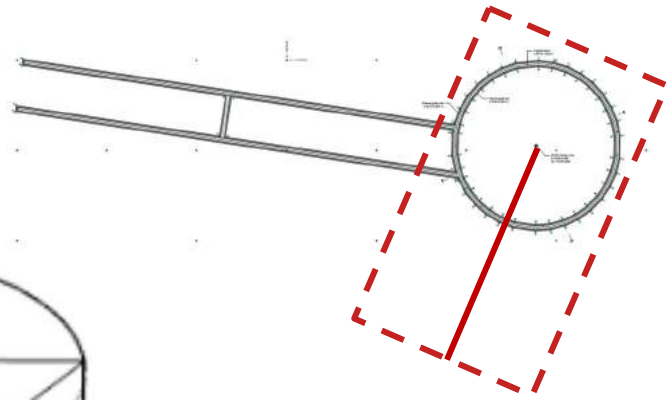
Parede moldada ↔ *plate*

Vigas anelares ↔ *fixed-end-anchor*

Modelo 2D
Axissimétrico







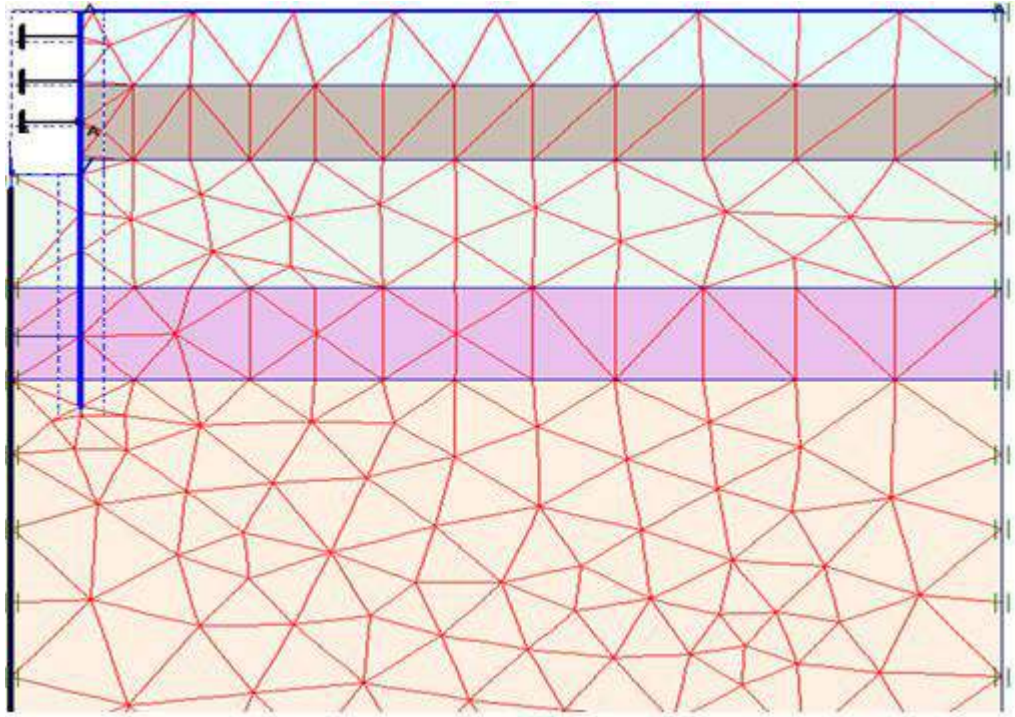
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

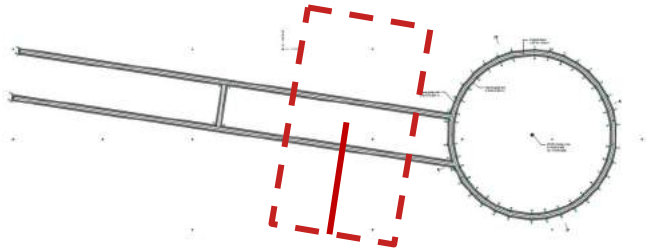
Modelo Constitutivo: *Hardening-Soil*

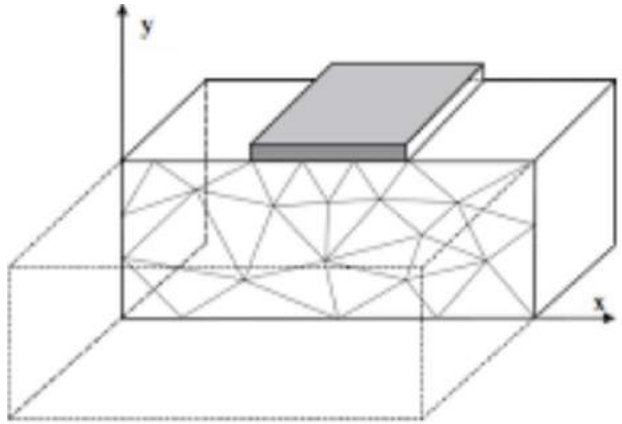
Parede moldada ↔ *plate*

Escoras ↔ *fixed-end-anchor*

Modelo 2D
Estado Plano de Deformação







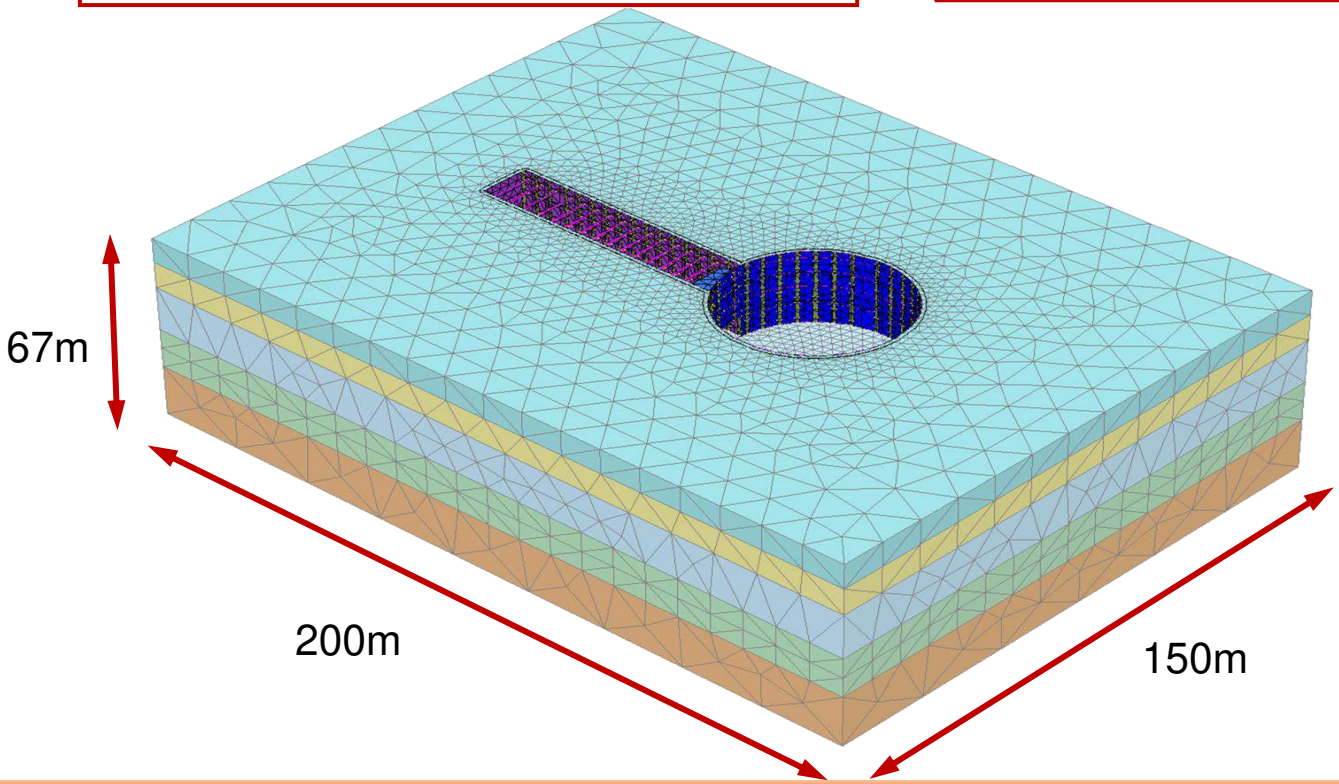
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Modelo Constitutivo: *Hardening-Soil*

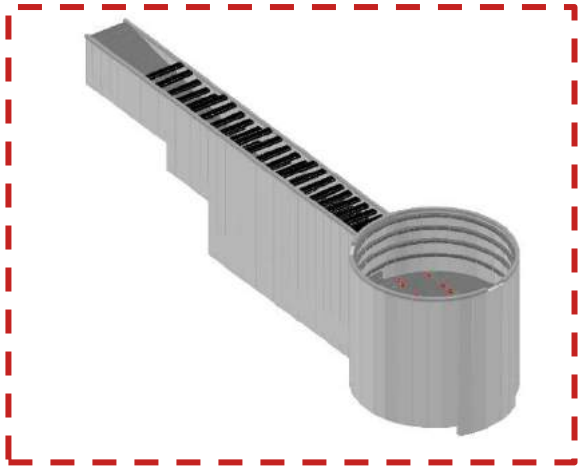
Painéis de parede moldada ↔ *plate*

Escoras e vigas anelares ↔ *beam*

Modelo 3D

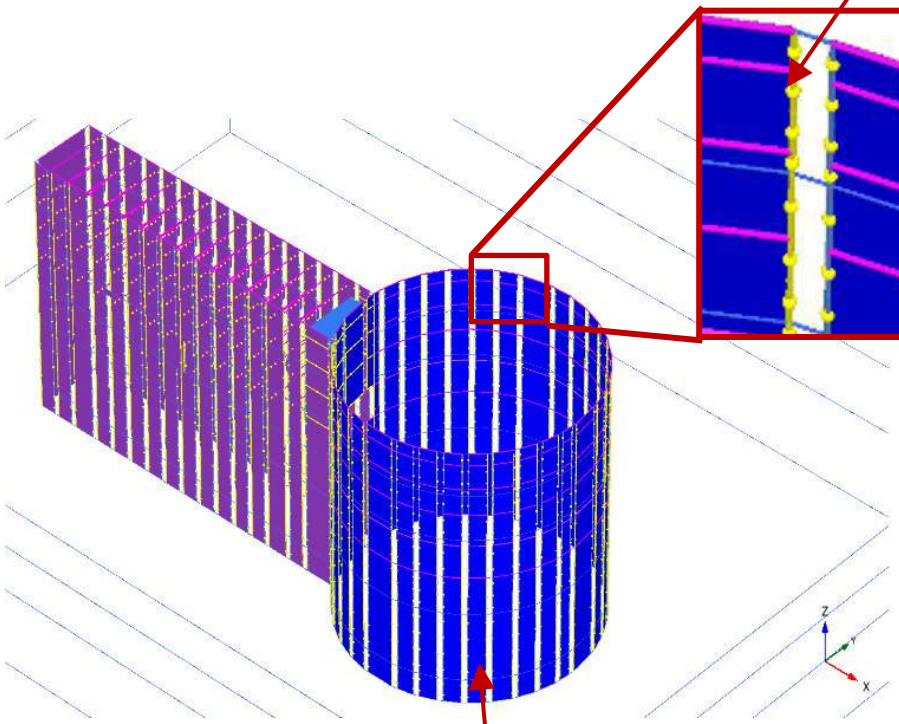


elementos finitos:
137 692
nós:
2 065 380



Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Ligação rotulada entre painéis de parede moldada



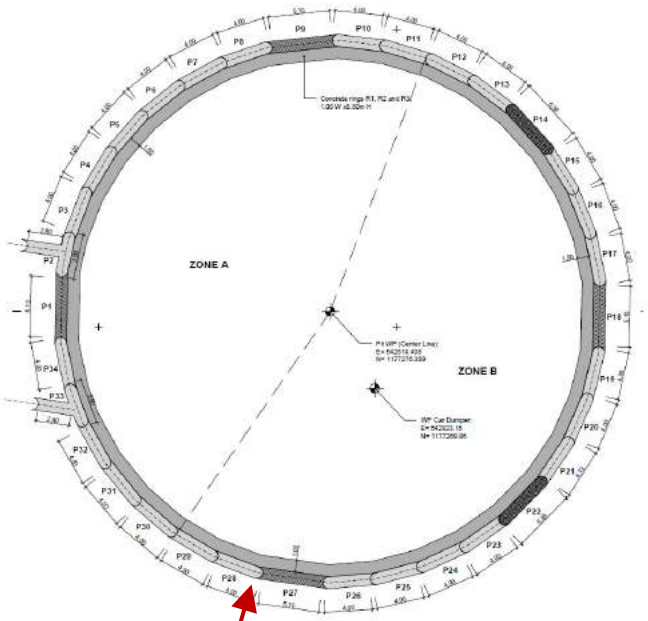
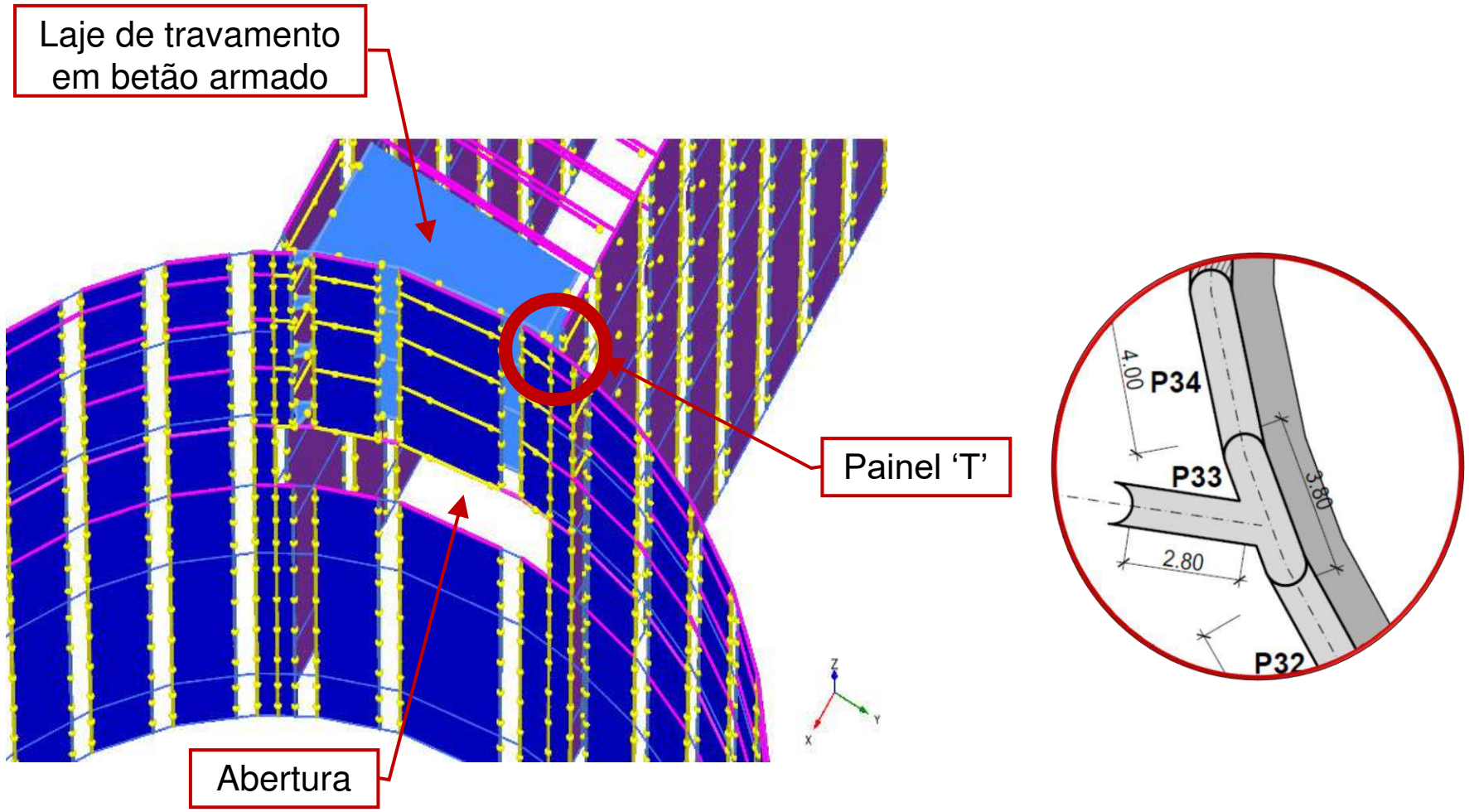


Plate ↔ Painel de parede moldada

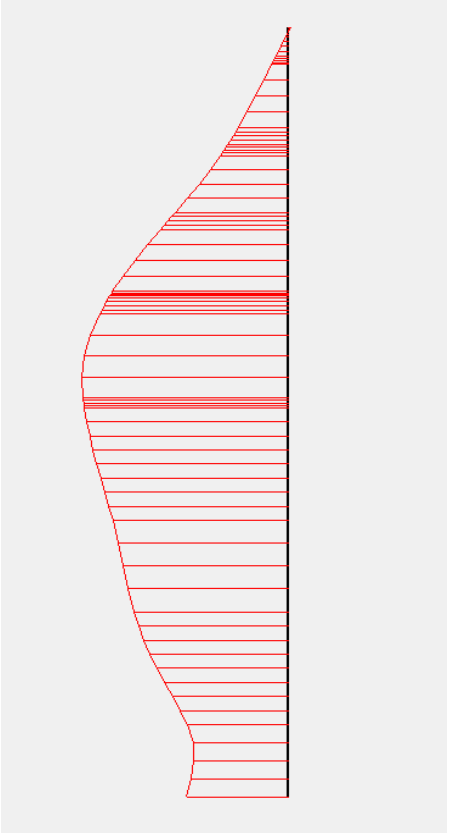
Análise Numérica – Estrutura de Contenção



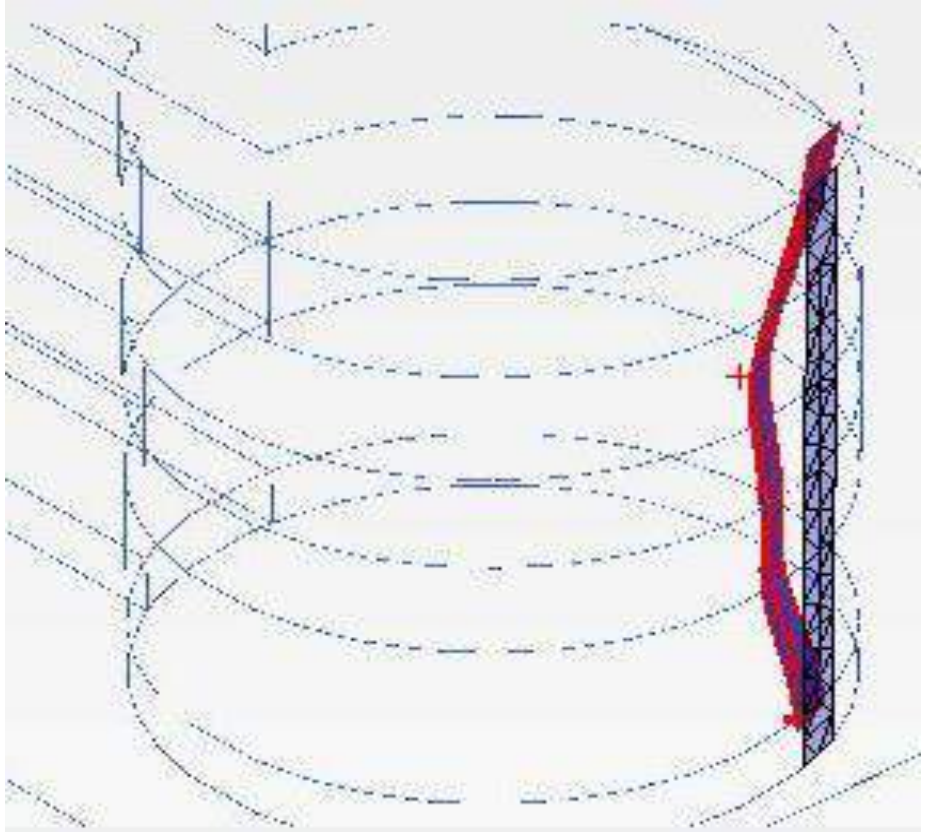
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Deformação Horizontal

2D Axissimétrico

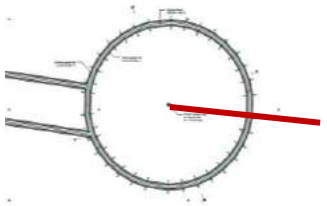


3D Global



2D
Δu=5 mm

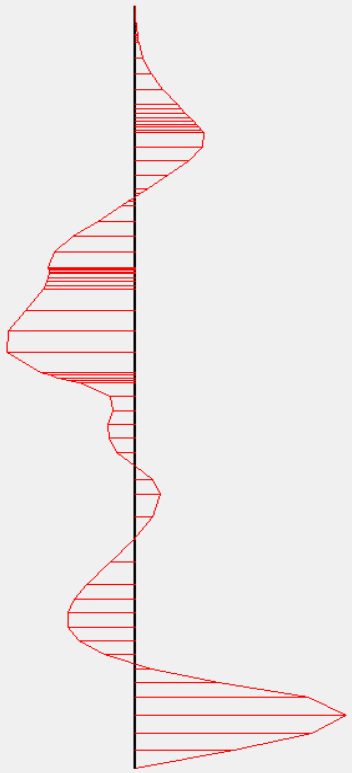
3D
Δu =6 mm



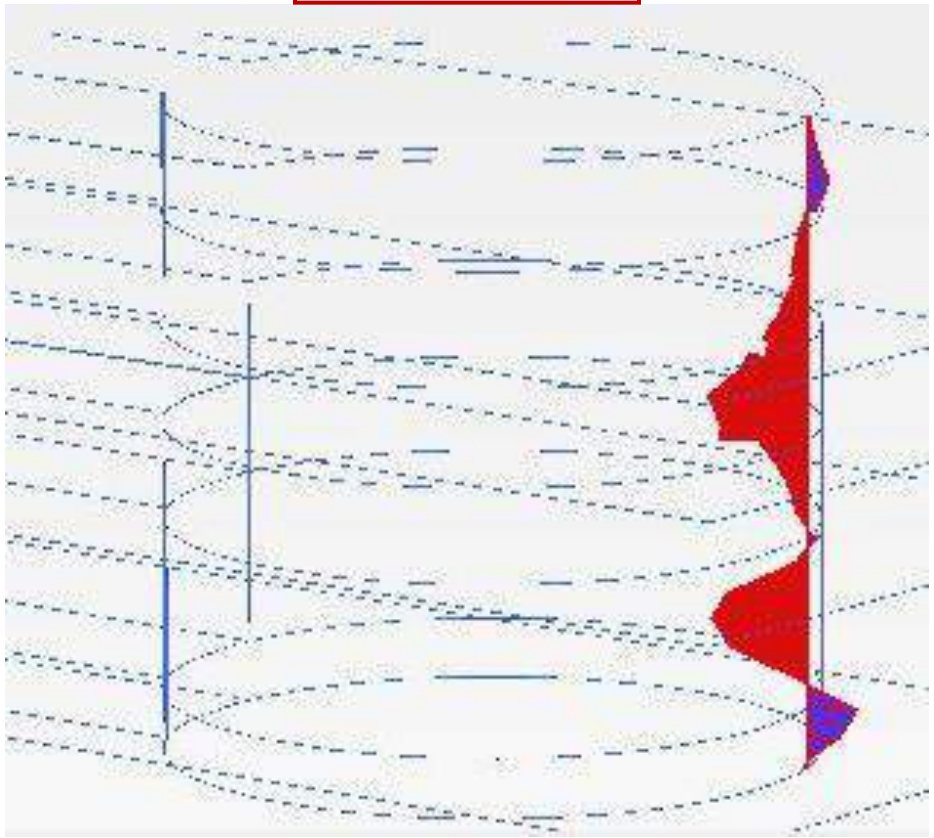
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Diagrama de Momentos Fletores

2D Axissimétrico

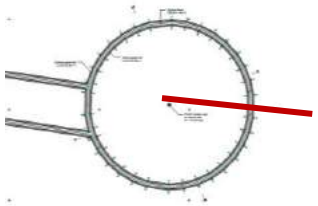


3D Global



2D
M=272 kNm/m

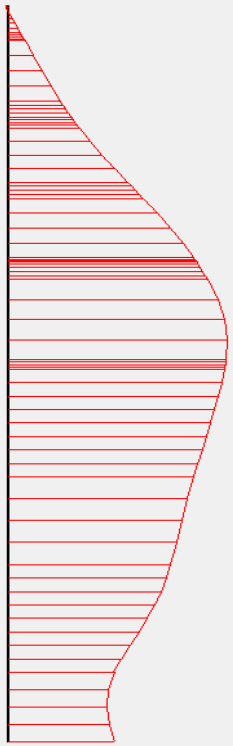
3D
M=345 kNm/m



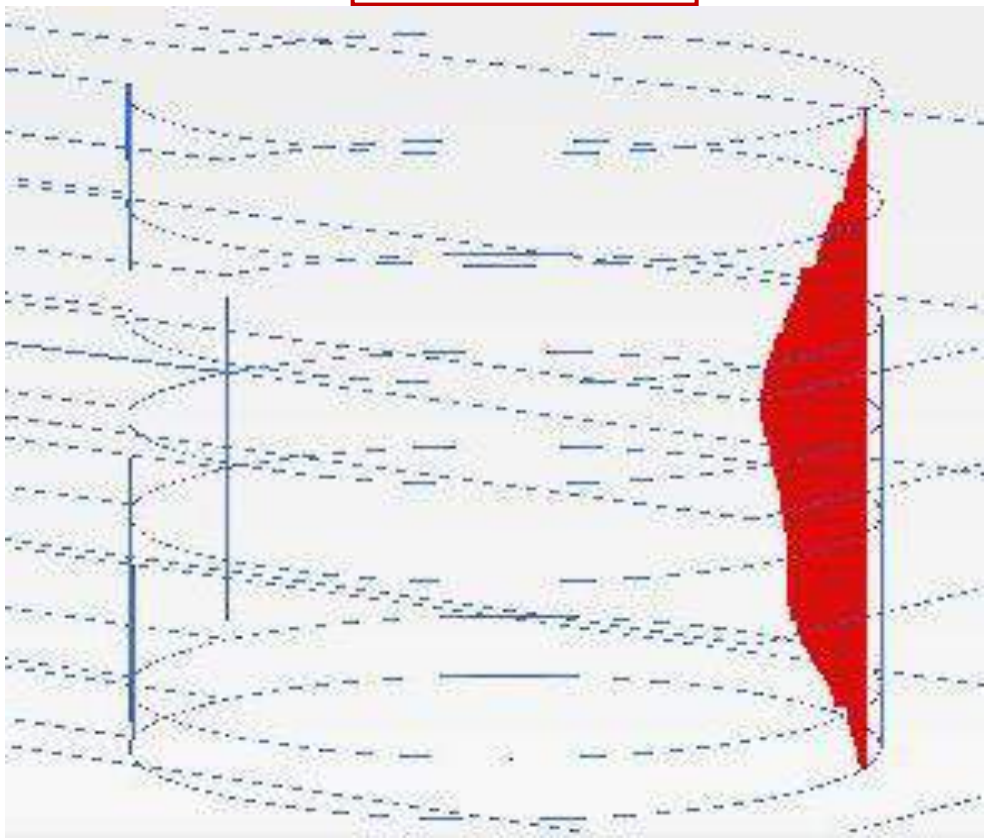
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Diagrama de Forças de Compressão Circunferencial1

2D Axissimétrico

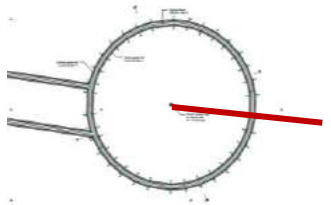


3D Global



2D
N=7864 kN/m

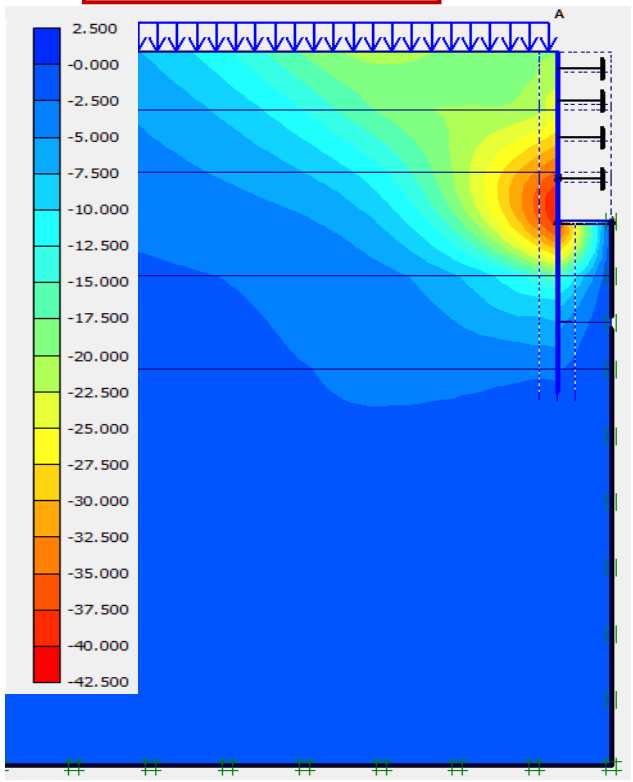
3D
N=6270 kN/m



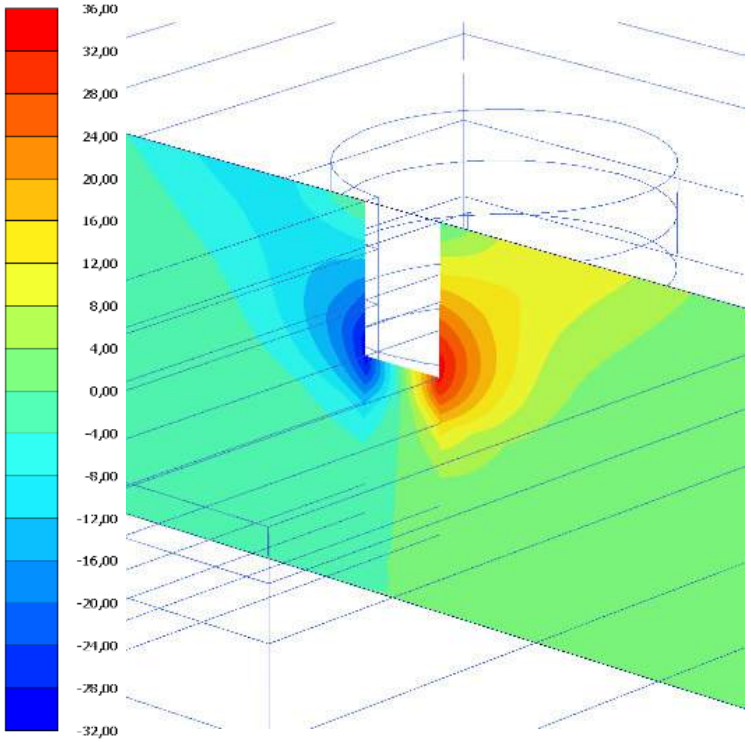
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Deformação Horizontal

2D EPD

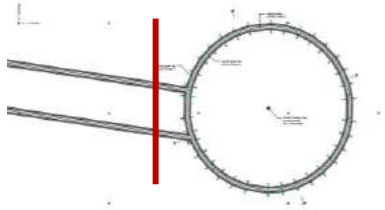


3D Global



2D
Δu=41mm

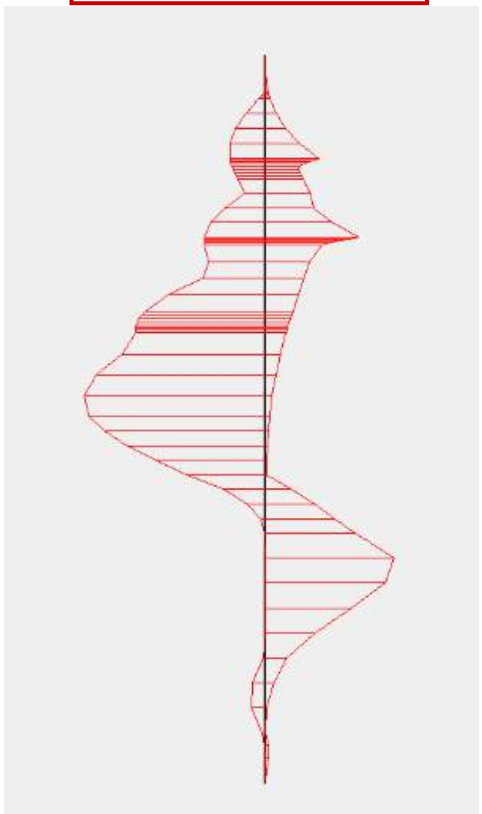
3D
Δu=35mm



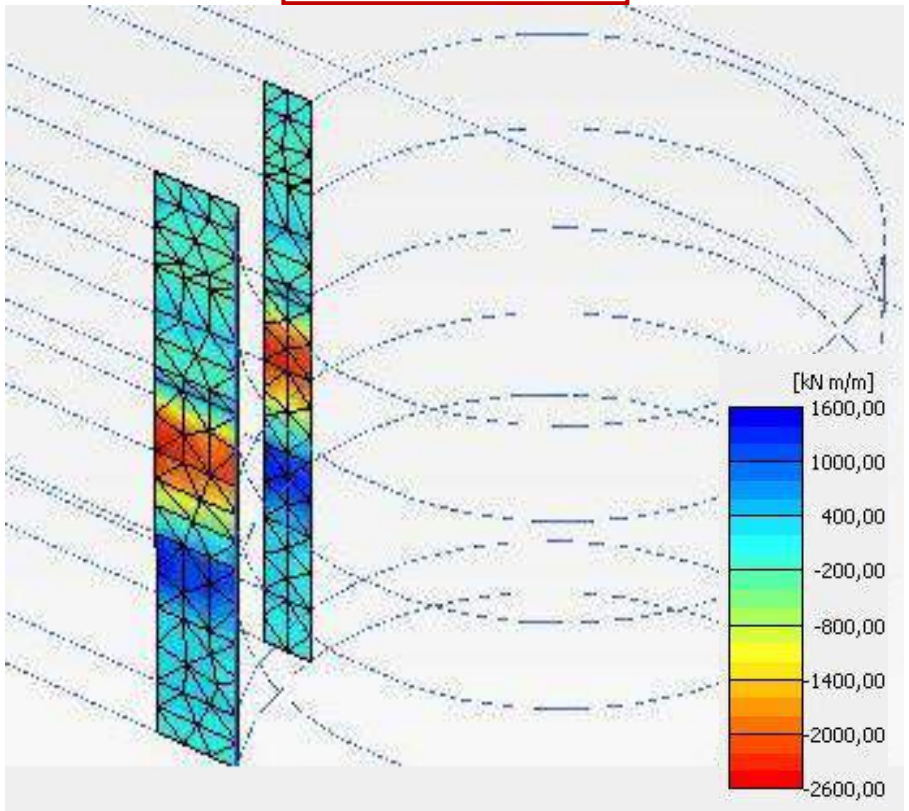
Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Diagrama de Momentos Fletores

2D EPD

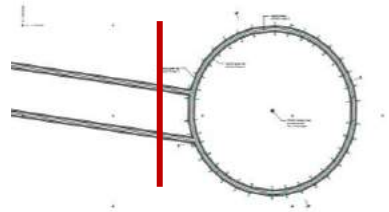


3D Global



2D
M=2381 kNm/m

3D
M=2552 kNm/m

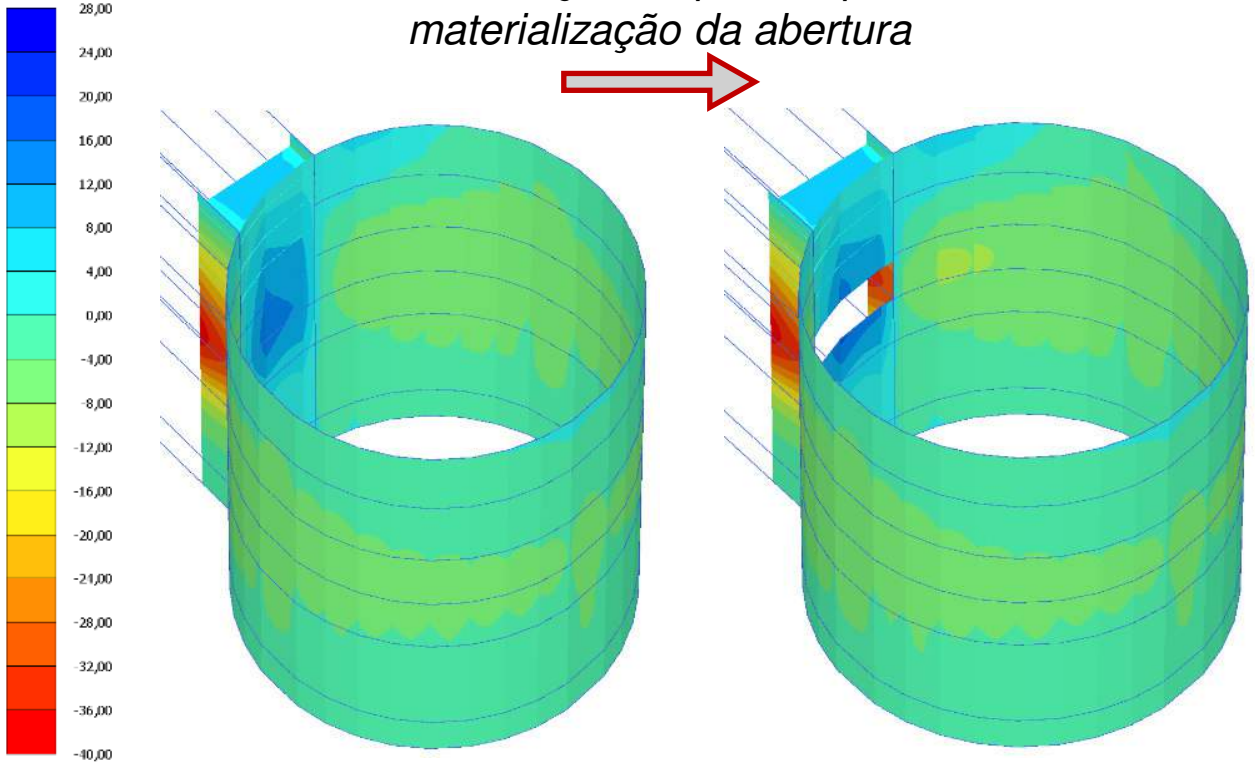


Análise Numérica – Estrutura de Contenção

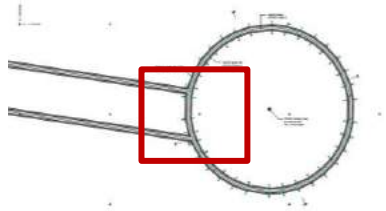
Deslocamentos Horizontais

3D Global

Desativação de painéis para materialização da abertura



Δh=4mm
em ambos os modelos

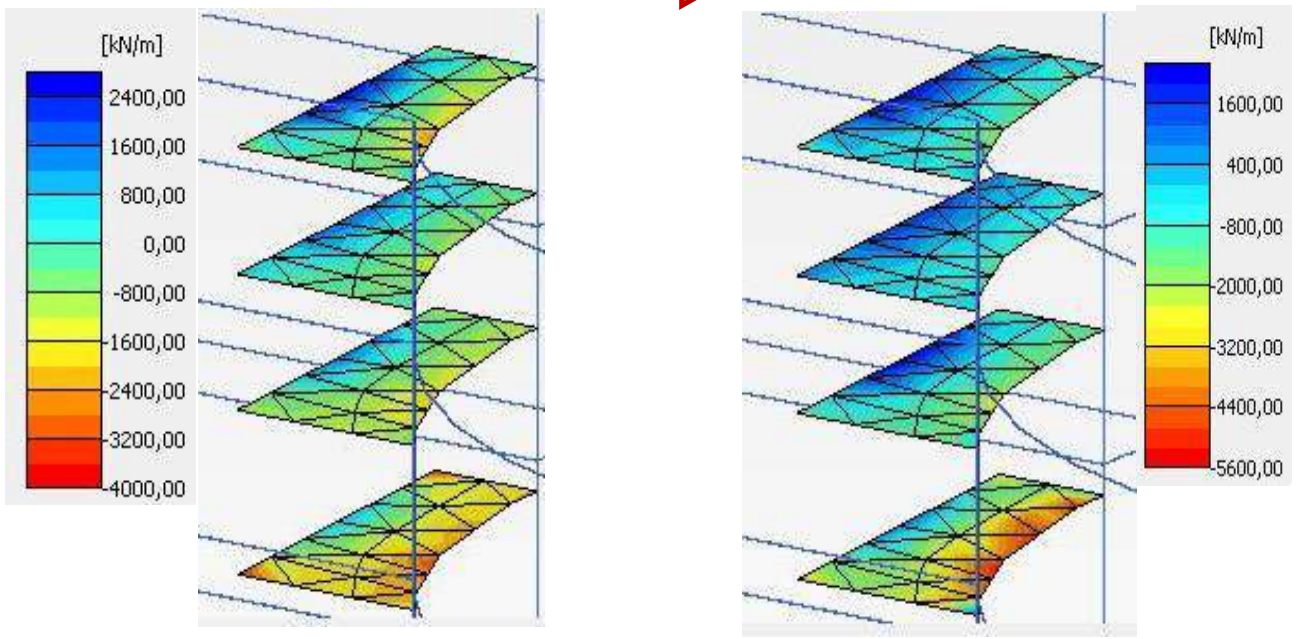


Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Esforços Axiais nas Bandas de Lajes

3D Global

Desativação de painéis para materialização da abertura

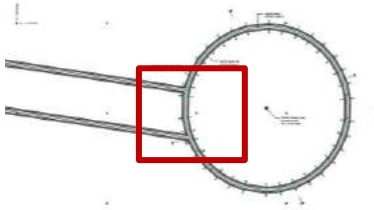


$N_{compressão}$

3665kN/m

↓

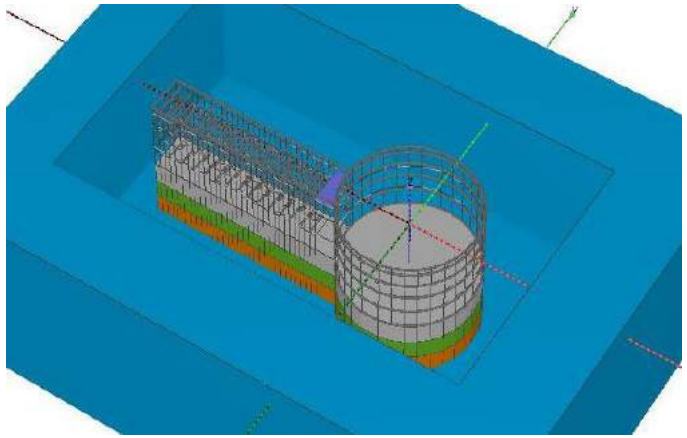
5232kN/m



Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Pressões Hidrostáticas

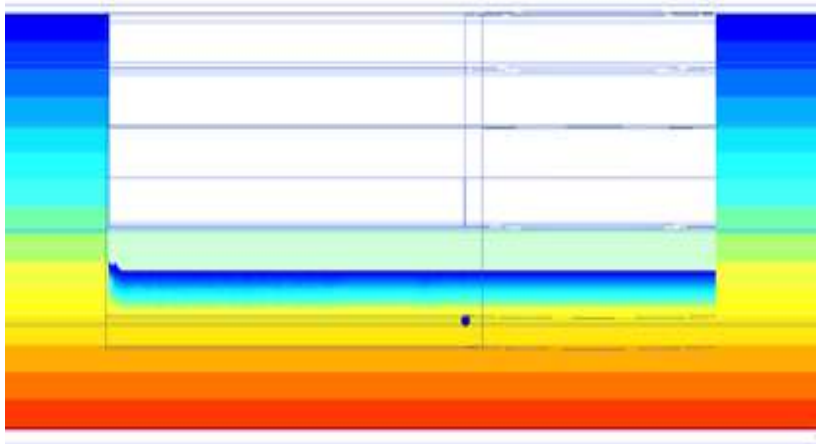
3D Global

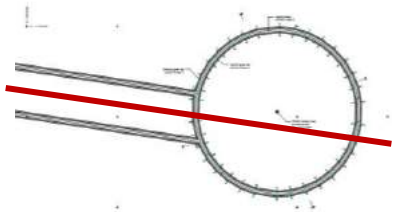


Camada permeável em subpressão abaixo do fundo de escavação

↓

Interpolação de pressões hidrostáticas para simulação da execução de furos de alívio

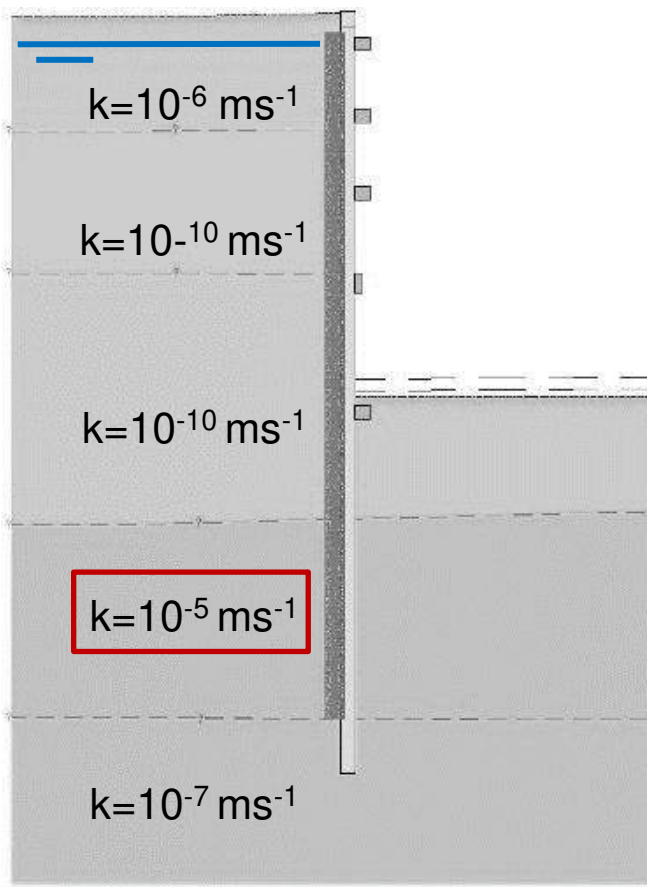


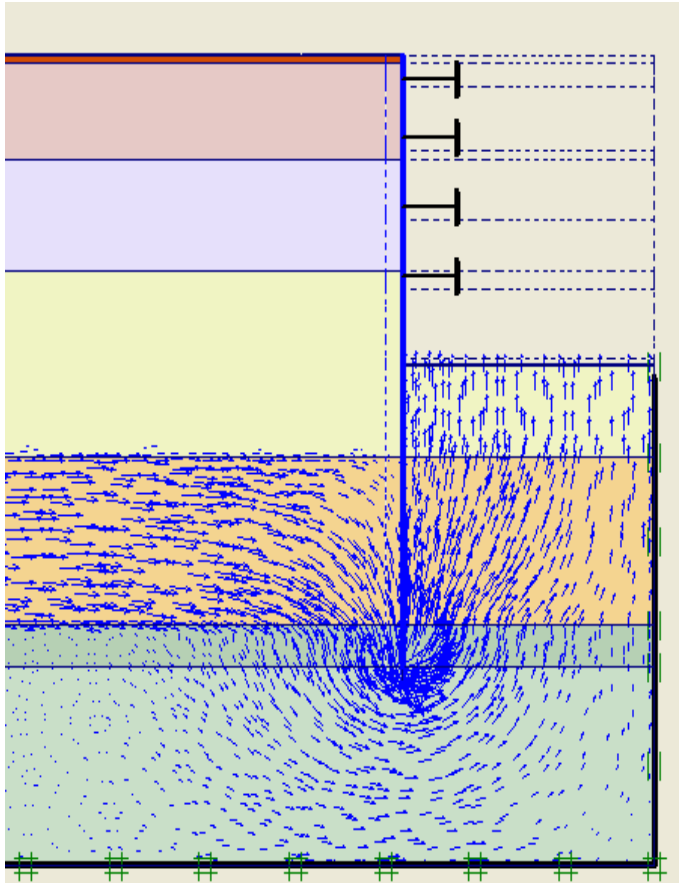


Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Análise de Percolação da Água

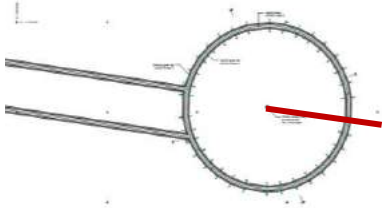
2D Axissimétrico





Confirmação da eficiência do comprimento de ficha das paredes moldadas no controlo da afluência de água ao fundo de escavação

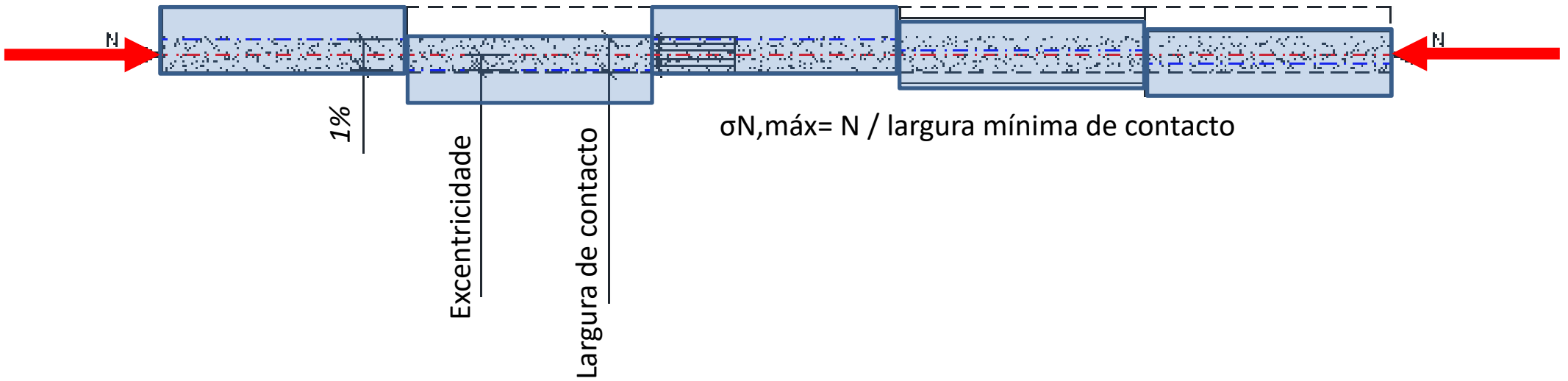
Determinação do caudal afluente ao fundo da escavação Q=95L/dia



Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Dimensionamento considerando cenário desvio de verticalidade (1%)

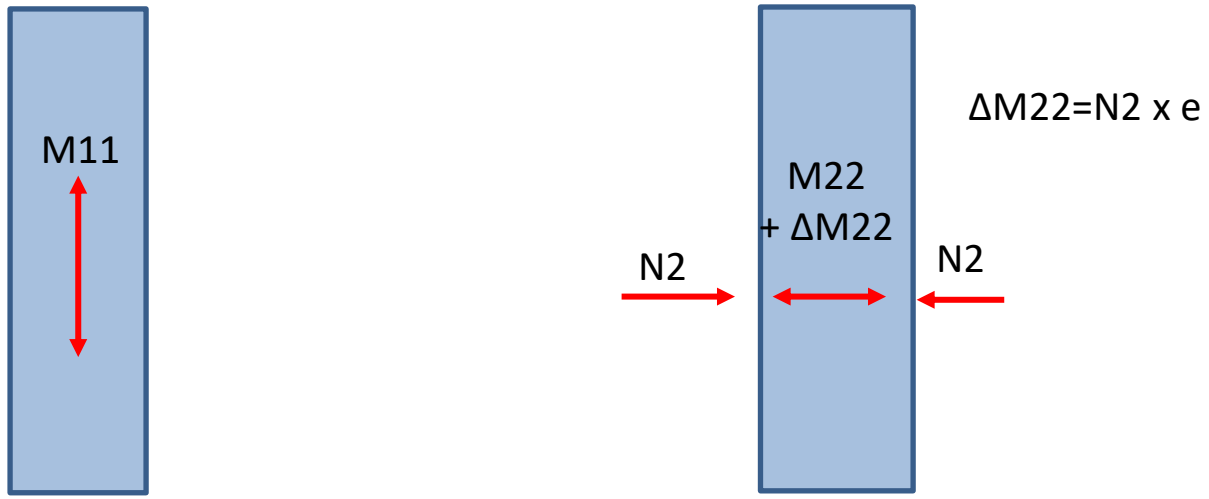
ΔM, horizontal = N x máxima excentricidade



Análise Numérica – Estrutura de Contenção

Dimensionamento Painéis de Parede moldada

- ✓ Flexão vertical (M11) – Flexão simples
- ✓ Flexão horizontal (M22 + ΔM22) - Flexão Composta com N22 (esforço axial horizontal)
- ✓ Flexão de torsão M12 considerada em adição em modulo aos momentos vertical e horizontal (M11 e M22)



Análise Numérica – Laje de Fundo

- ✓ Estimativa das deflexões na laje importante dados os requisitos dos equipamentos a instalar sobre esta
- ✓ Consideração da redução do módulo de elasticidade a longo prazo

Secção 3.1.4 (EC2)

Coeficiente de fluência φ

$E_c^* = E_c/(1+\varphi)$

$E_c^* = E_c/(1+3{,}50)$

- ✓ Verificou-se que dada a presença das microestacas o aumento da deformação a longo prazo não é muito significativa
- ✓ Importante ainda determinar a rigidez das microestacas

Análise Numérica – Laje de Fundo

17CNG

- ✓ Estimativa da rigidez das microestacas

Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carreteras

Deformação total

$$s_T = s_e + s_N$$

Deformação elástica ao nível do comprimento livre

$$s_e = \frac{N_{ek} \times L_E}{A_p \, E_p}$$

N_{ek} - Esforço Axial
L_E - Comprimento livre
A_p - Área
E_p - Modulo de elásticidade

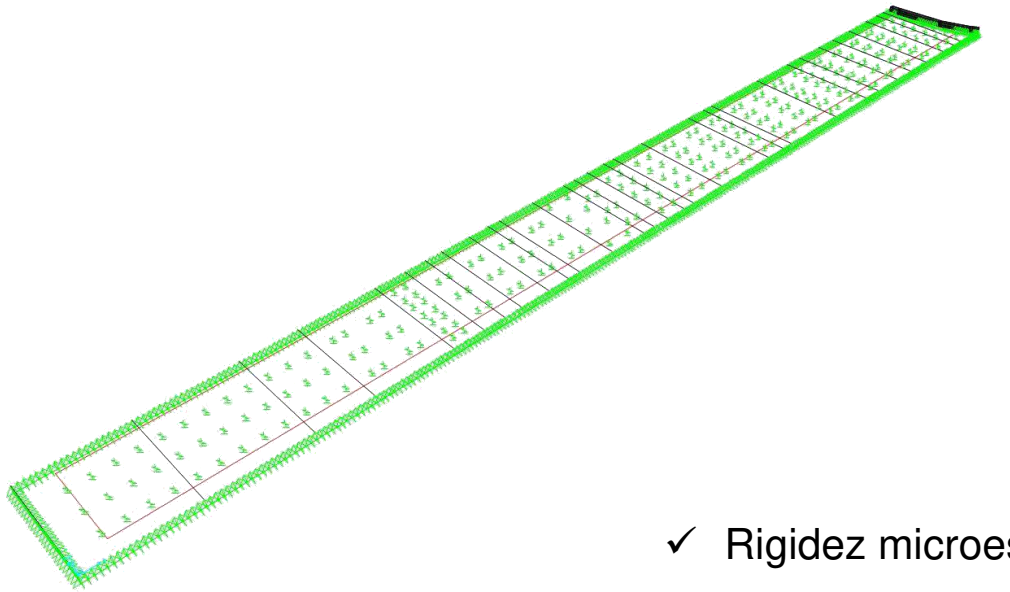
*Deformação ao nível do bolbo de selagem *solos granulares*

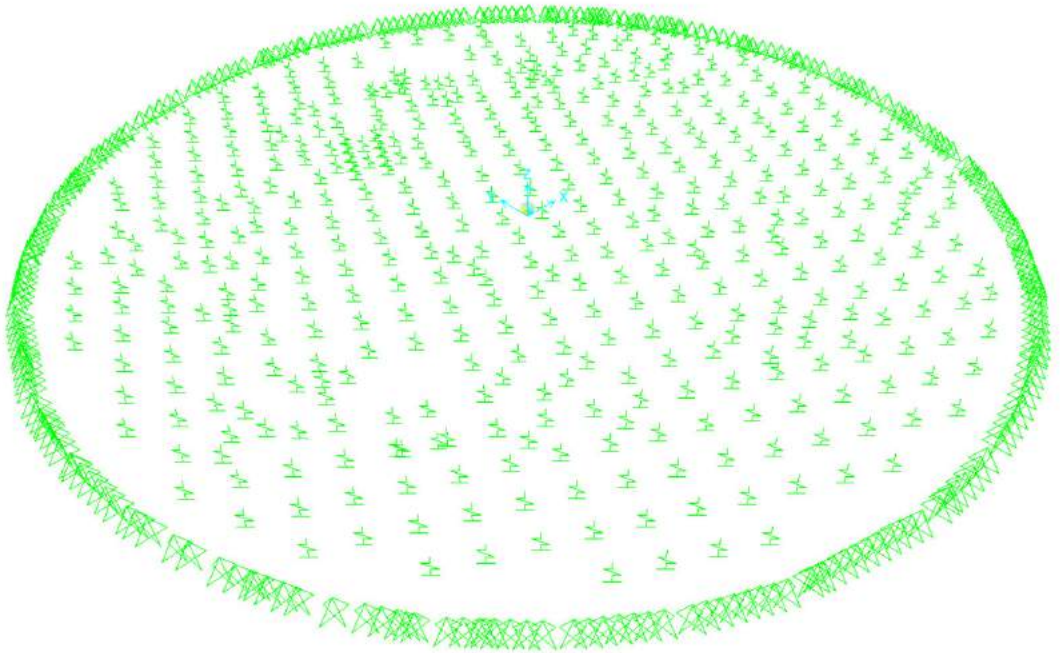
$$s_N = \left(\frac{9 \, N_{ek}}{R_d} - 2\right)\frac{D}{90}$$

R_d - Resistência interface
D – Diâmetro do bolbo de selagem
L_E - Comprimento livre
N_{ek} - Esforço Axial

Análise Numérica – Laje de Fundo

- ✓ Estimativa da rigidez das microestacas





- ✓ Rigidez microestacas – valor mínimo e valor máximo função da geologia local
- ✓ Valor mínimo – cenário critico para esforços e deformações ao nível da laje
- ✓ Valor máximo – cenário critico para o esforço axial das microestacas

Análise Numérica – Laje de Fundo

17CNG

✓ Dimensionamento bolbo de selagem das microestacas – Metodo de Bustamente

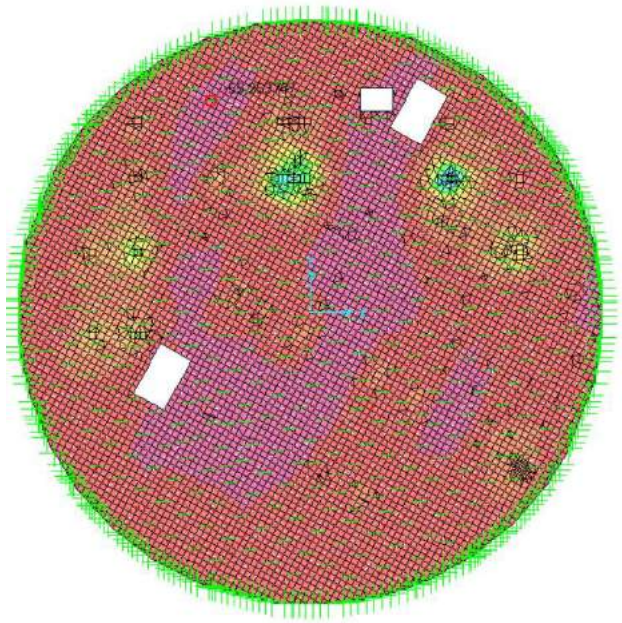
ZG	Período	Formação	qs [kPa]	α [-]
ZG4	Quaternário	Unidade Laterítica	100	1,1
ZG3	Quaternário	Unidade Saprolítica	100	1,1
ZG2	Quaternário	Unidade Saprolítica	300	1,2
ZG1	Ordoviciano	Grés de Pita	250	1,0

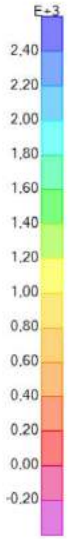
✓ Diâmetro furo 175mm

✓ L=28m

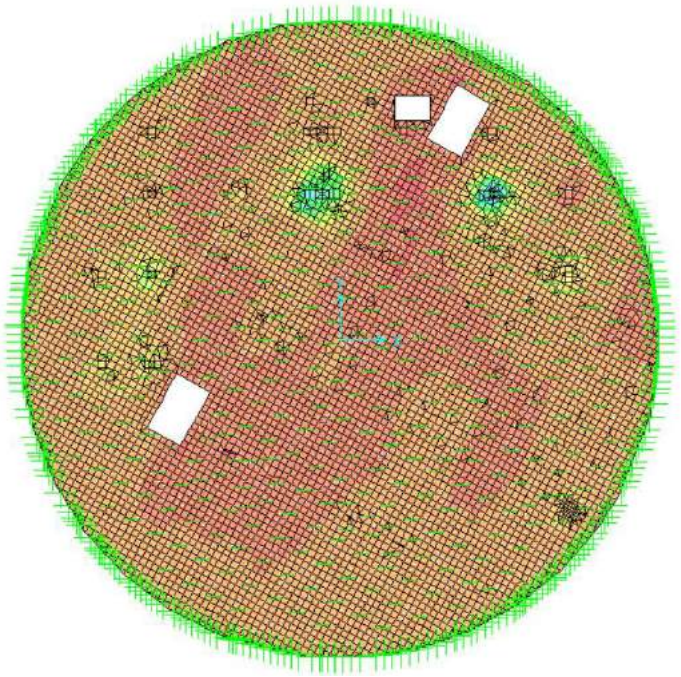
Sondagem	NSd Compressão [kN]	NSdk Tração [kN]
SB107	1535	1395
SB108	1707	1552
SB109	1254	1140
SB112	1333	1212
SB113	1436	1305
SB114	1417	1288

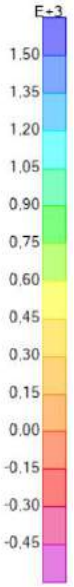
Análise Numérica – Laje de Fundo





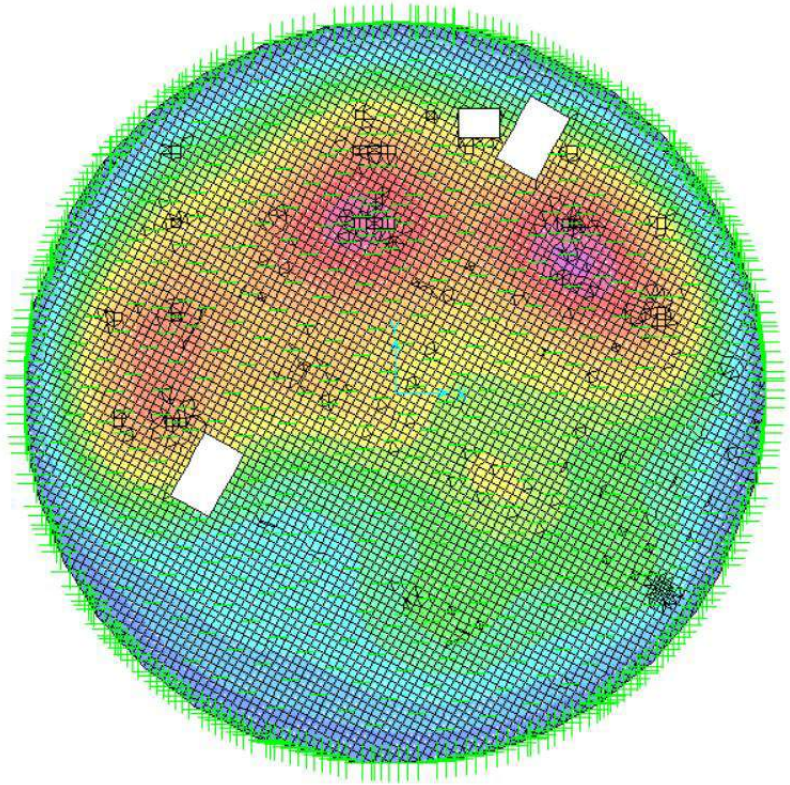
M11 diagrama de momentos (ENVE – Max.)

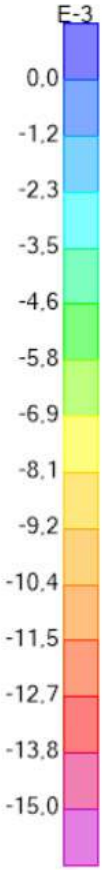




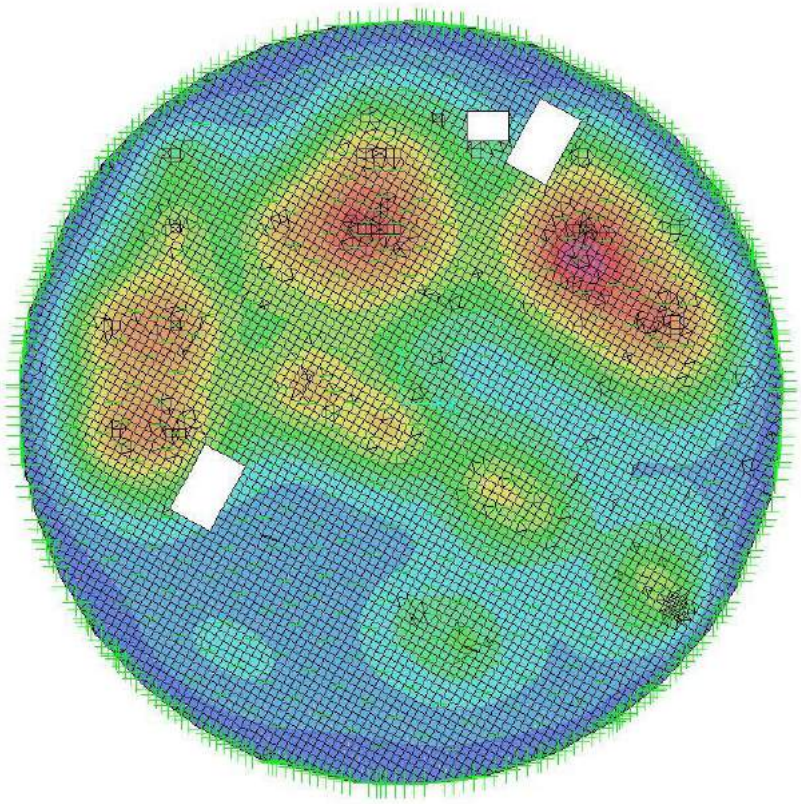
M11 diagrama de momentos (ENVE – Min.)

Análise Numérica – Laje de Fundo





Deslocamento vertical (ENVE) – Uz

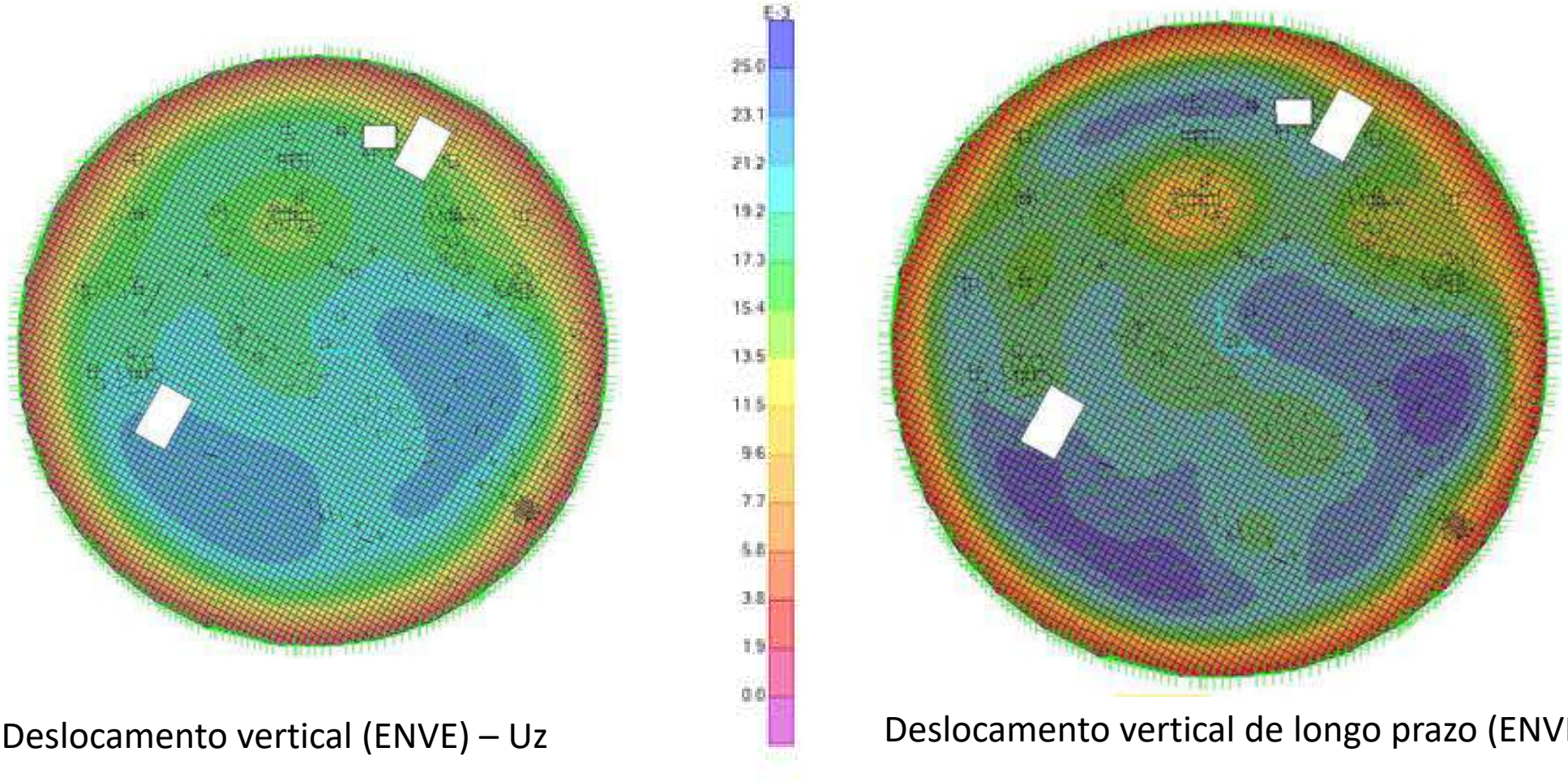


Deslocamento vertical de longo prazo (ENVE) – Uz

Deflexões negativas
Combinação sem impulso hidrostático

-11mm imediato
-15mm longo prazo

Análise Numérica – Laje de Fundo



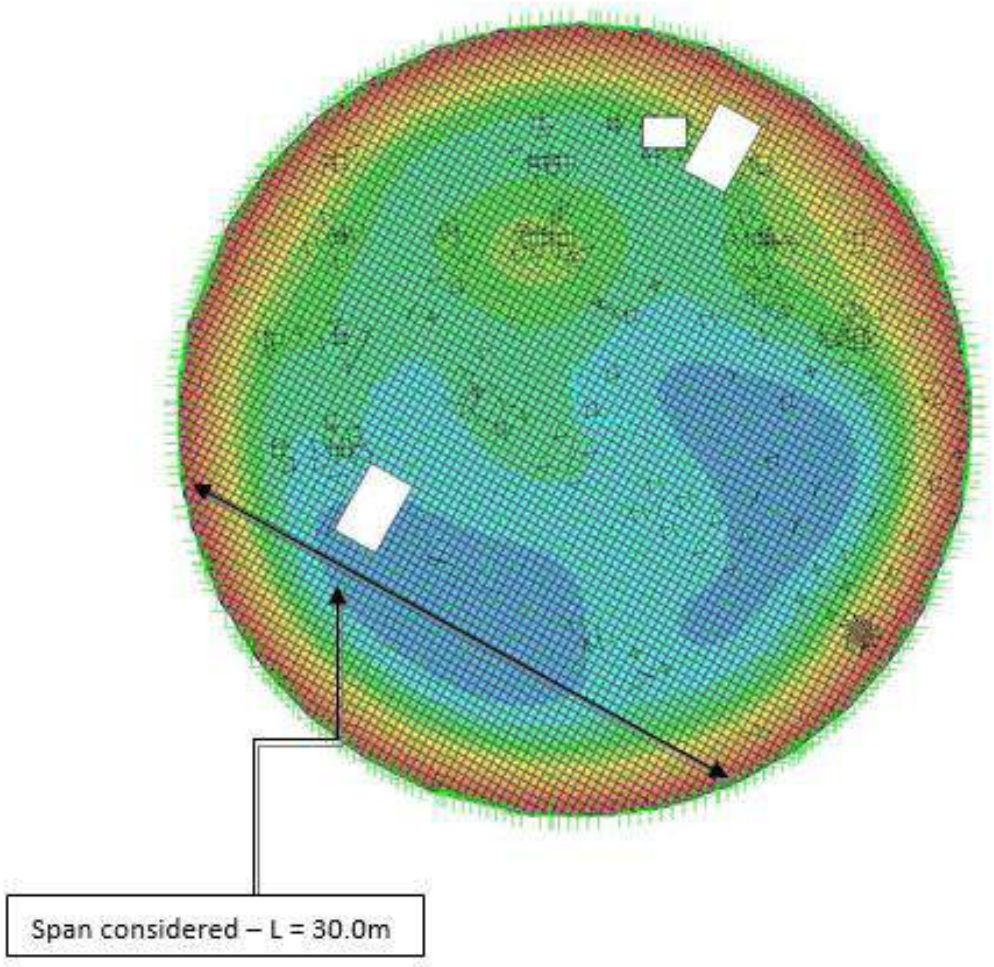
Deslocamento vertical (ENVE) – Uz

Deslocamento vertical de longo prazo (ENVE) – Uz

Deflexões positivas
Combinação cem impulso hidrostático

22 mm imediato
25 mm longo prazo

Análise Numérica – Laje de Fundo



Verificação de Segurança ao Estado Limite de Serviço

Deflexão positiva

L/250 = 30000/250 = 120mm

25mm < 120mm

Soluções Adotadas

Laje de Fundo

- ELU – Flexão simples
- ELU – Esforço transverso
- ELU – Punçoamento
- ELU – Ligação Laje / Parede moldada
- ELS – Abertura de fendas
- ELS – Deformação admissível

Microestacas:

- ELU – Resistência da seção de aço
- ELU – Resistencia da interface solo / bolbo de selagem

Análise Numérica - Regulamentos e Normas

IBC 2012	- International Building Code (2012).
ACI 318-14	- Structural Concrete Building Code (2014).
ASCE/SEI 7-10	- Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (2010).
PIP STS03001	- Plain and Reinforced Concrete Specification.
NP EN 206-1	- Concrete - Specification, performance, production and conformity.
EN 1992-1-1	- Eurocode 2 - Design of Concrete Structures.
EN 1997-1	- Eurocode 7 - Geotechnical Design.
EN 1538	- Execution of Special Geotechnical Work - Diaphragm Walls.
EN 12716	- Execution of Special Geotechnical Works - Jet Grouting.
NP-EN197	- Cement - Composition, specifications and conformity criteria.

Índice

- INTRODUÇÃO
- ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação

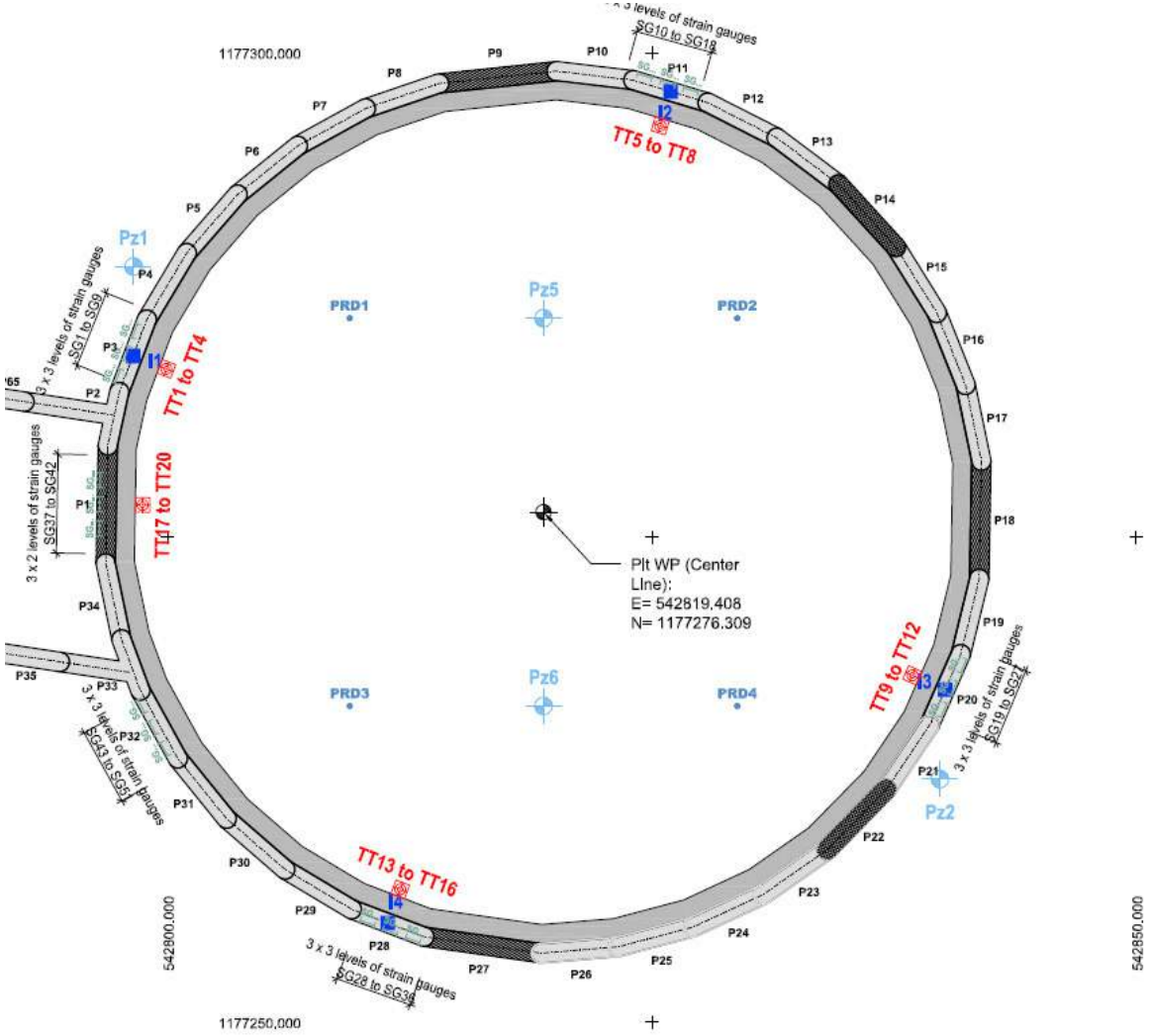
OBJETIVO

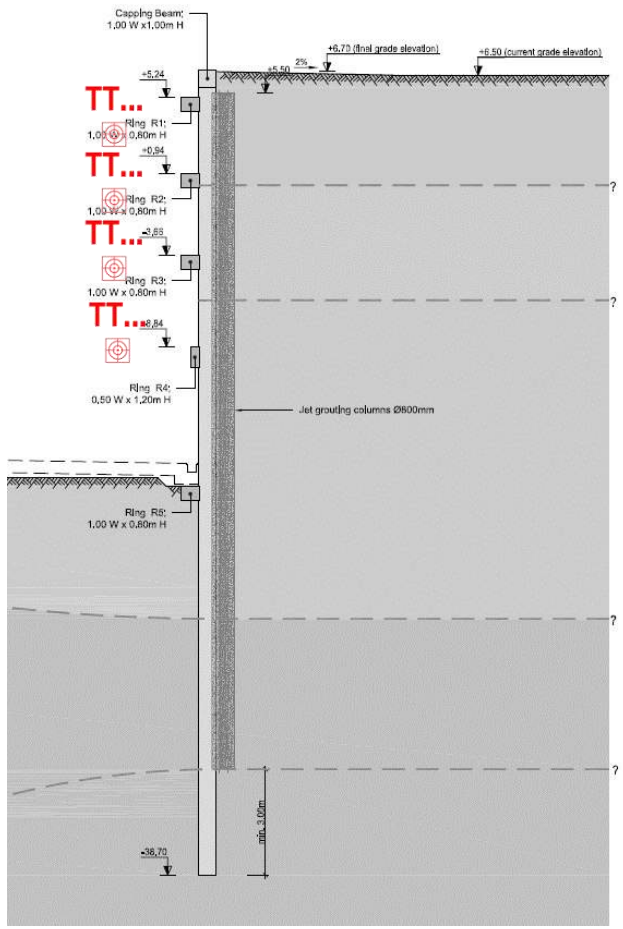
- ✓ Gestão do risco associado aos trabalhos de escavação
- ✓ Validação dos pressupostos de projeto
- ✓ Aplicação atempada de medidas corretivas

DISPOSITIVOS

- ✓ Inclinómetros
- ✓ Alvos Topográficos
- ✓ Piezómetros

Plano de Instrumentação e Observação

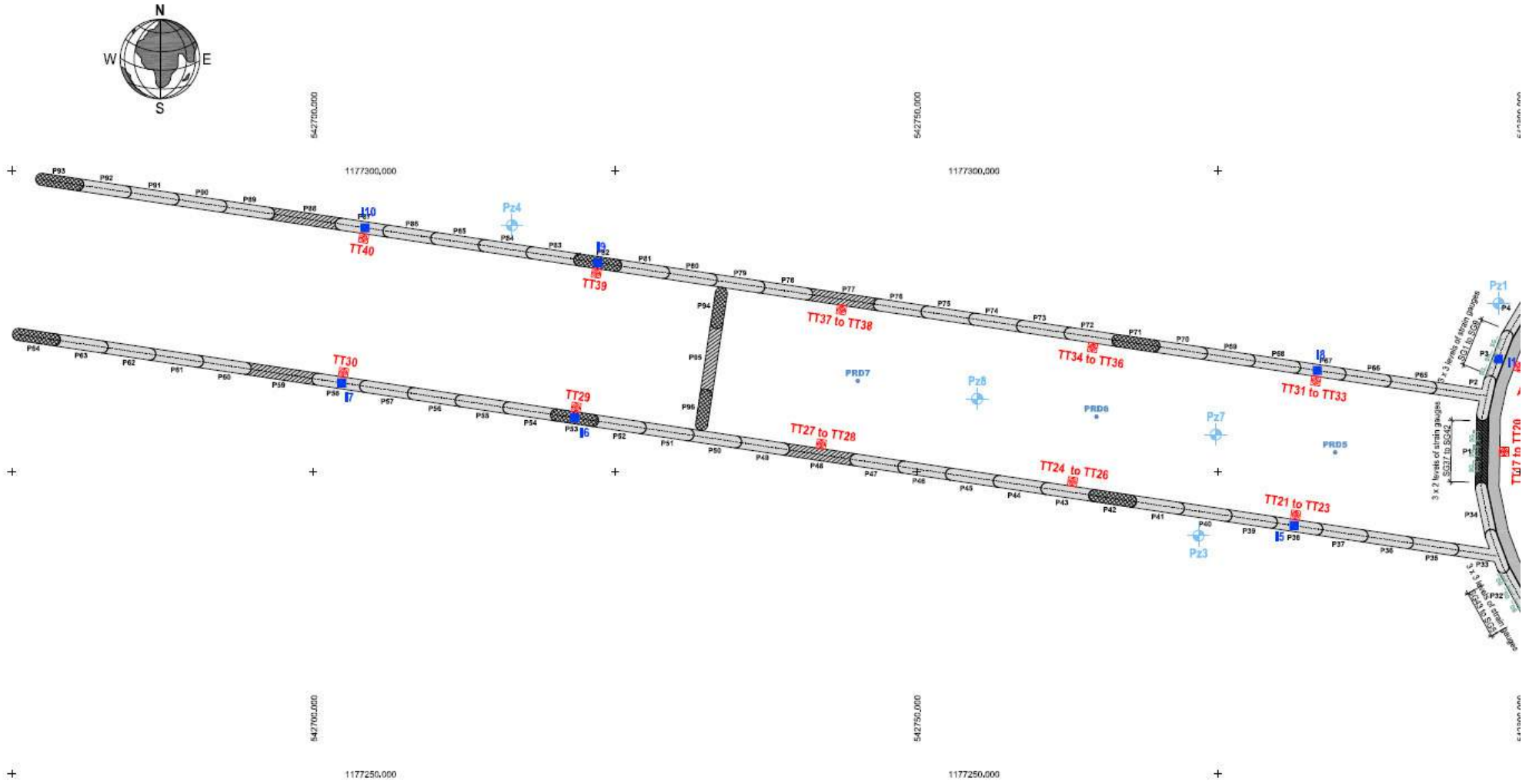




I... Inclinómetro

TT... Alvo Topográfico

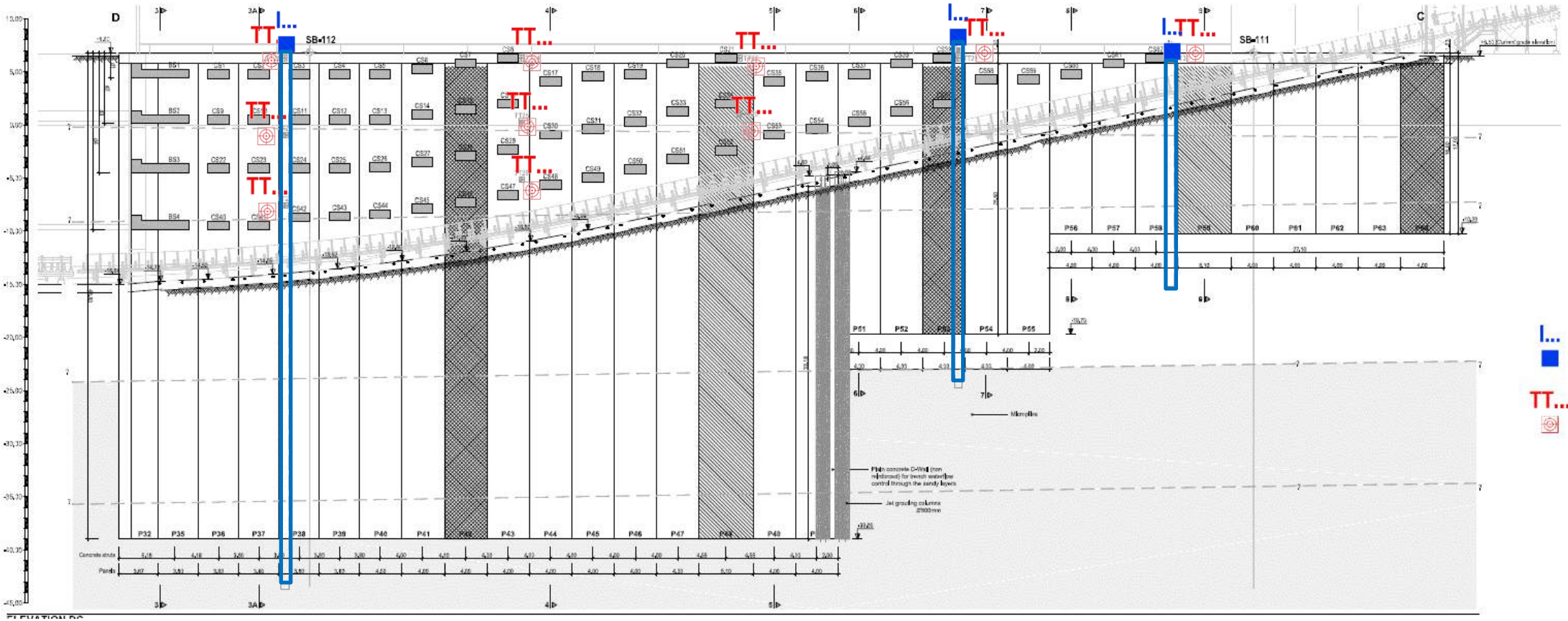
Plano de Instrumentação e Observação



I... Inclinómetro

TT... Alvo Topográfico

Plano de Instrumentação e Observação



I... Inclinómetro

TT... Alvo Topográfico

Plano de Instrumentação e Observação

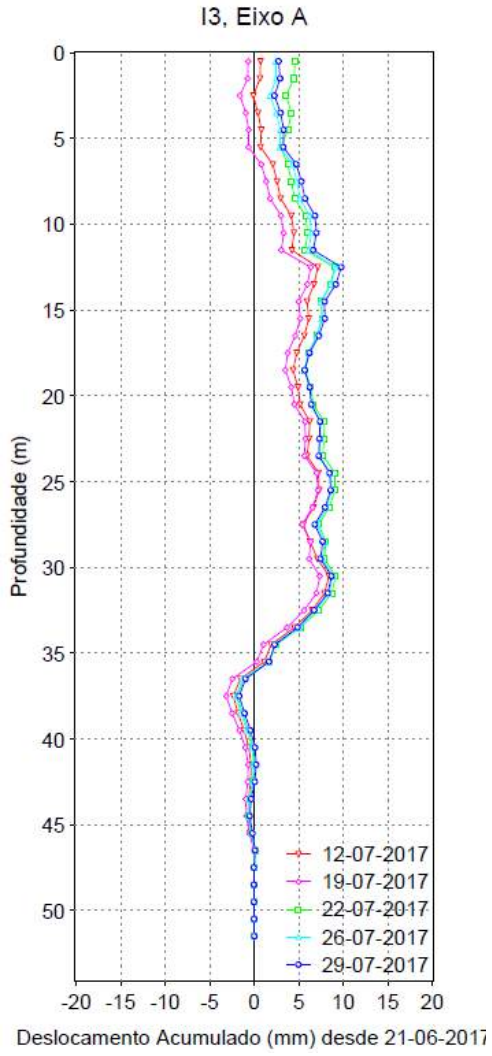
FREQUÊNCIA DE LEITURAS

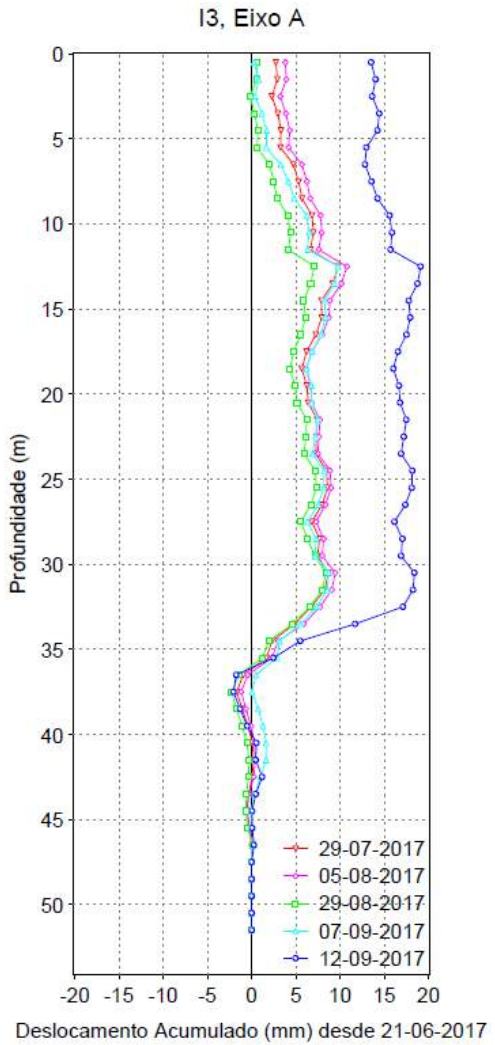
- ✓ Durante a execução da obra: semanal
- ✓ Primeiro ano após conclusão obra: 6 campanhas de leitura
- ✓ Entre segundo e quarto ano após conclusão: 3 campanhas de leitura
- ✓ Após quarto ano: 2 leituras

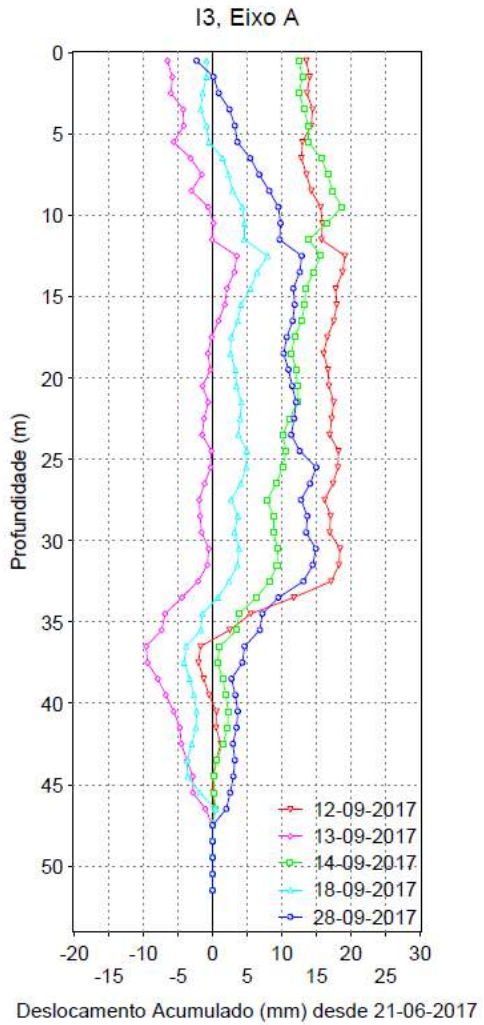
CRITÉRIOS DE ALERTA

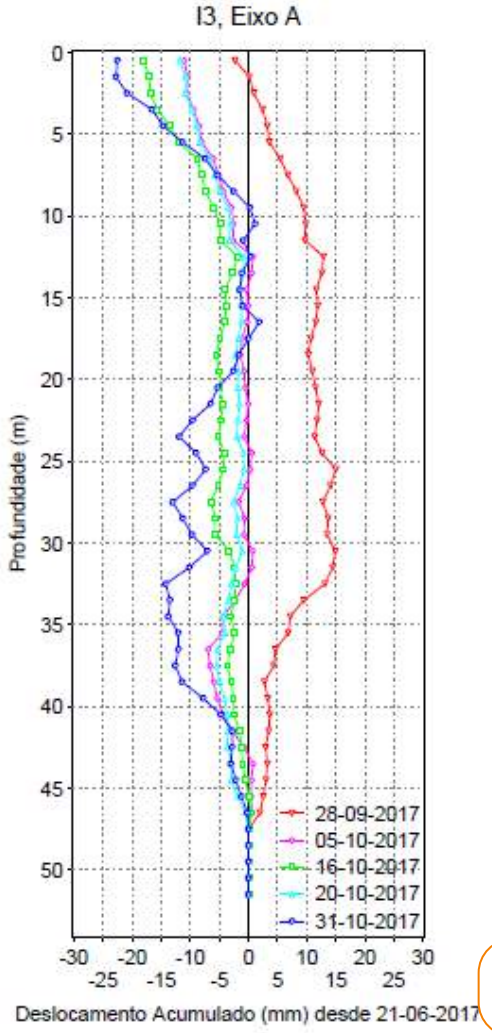
- ✓ Deformação horizontal da Estrutura de Contenção
  - ✓ Atenção: 7mm
  - ✓ Alarme: 10mm

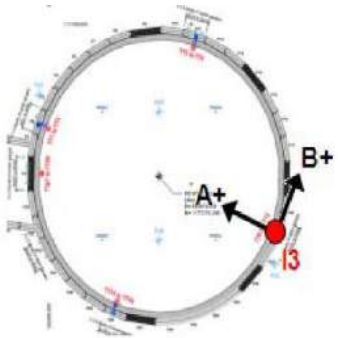
Plano de Instrumentação e Observação





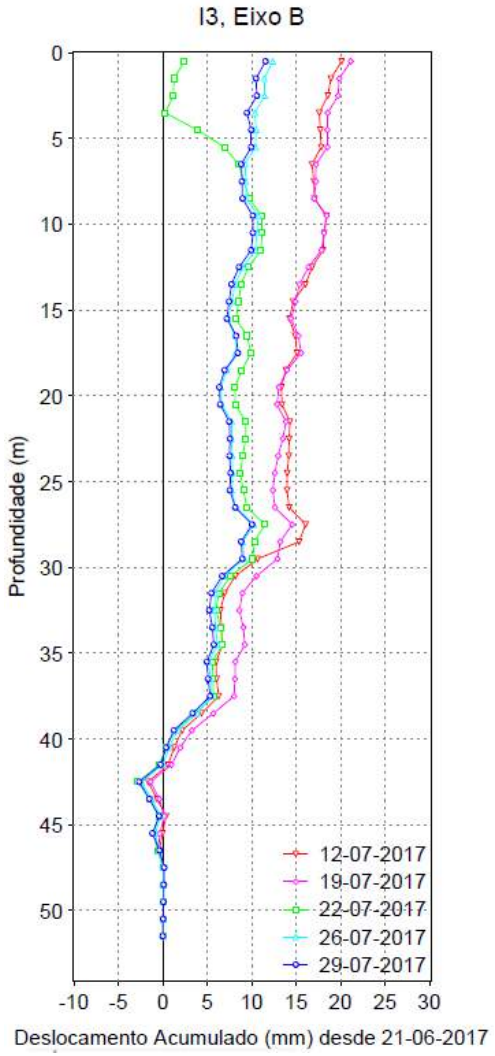


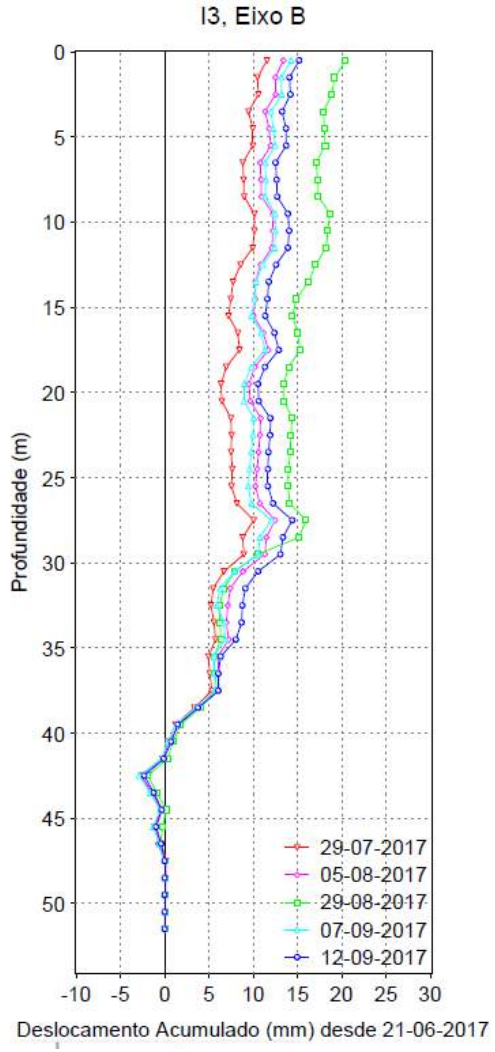


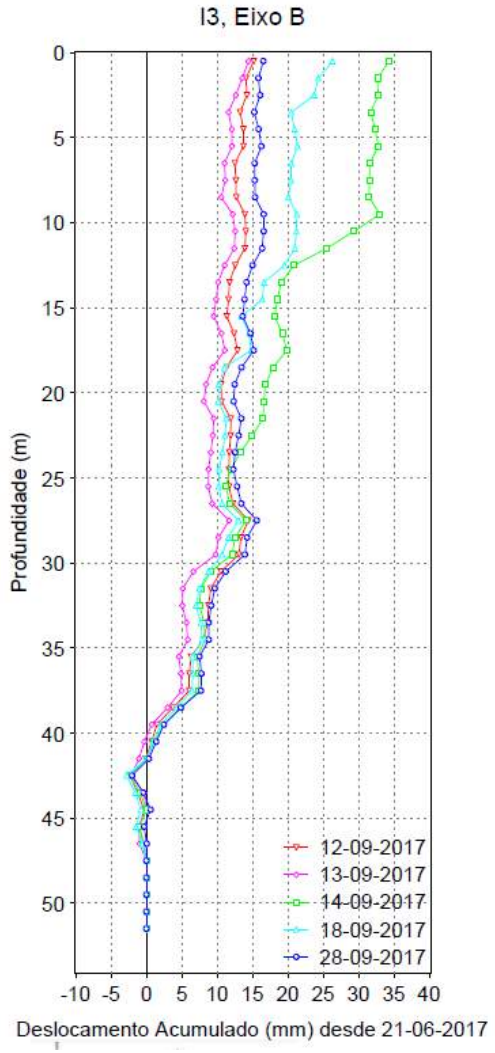


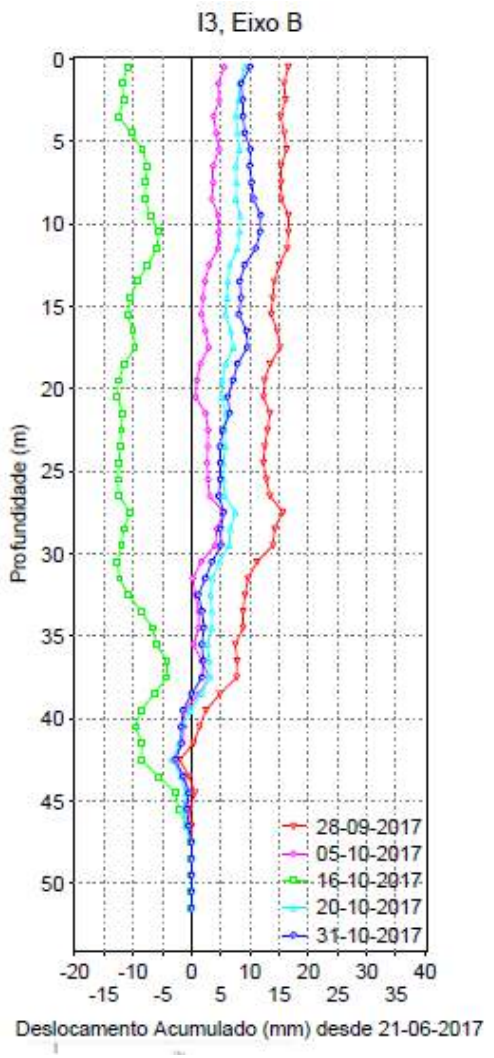
INCLINÓMETROS

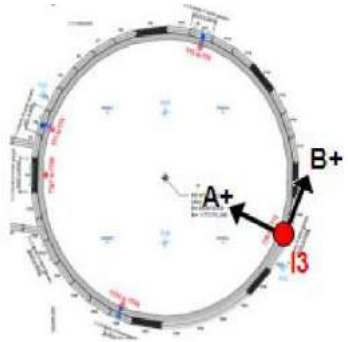
Plano de Instrumentação e Observação





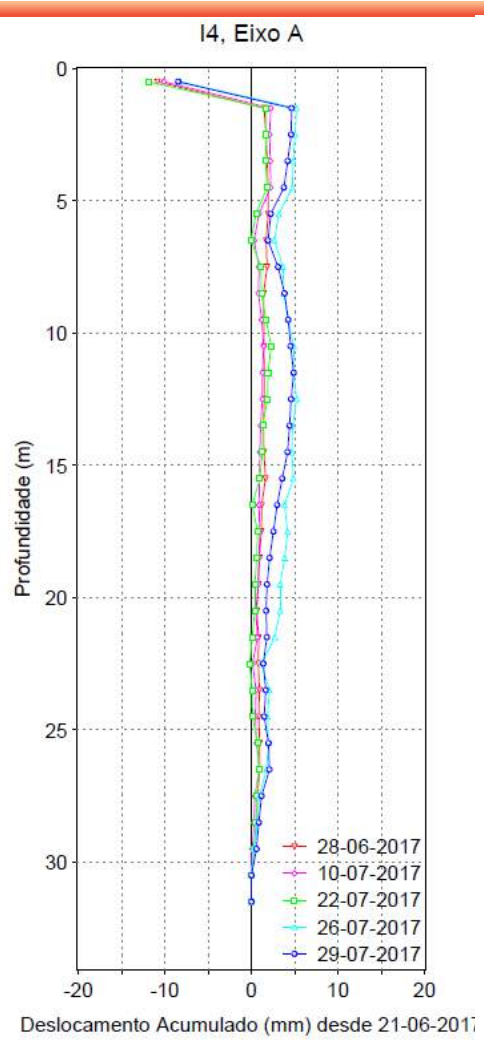


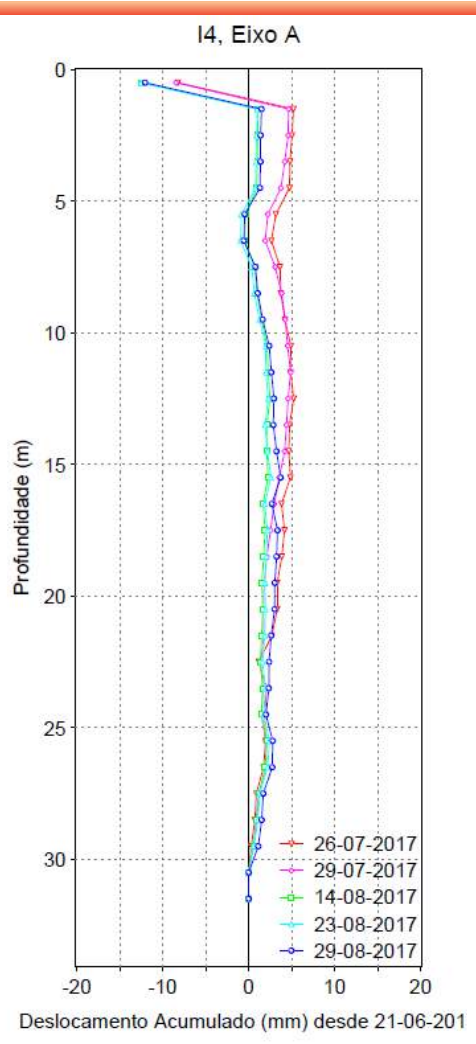


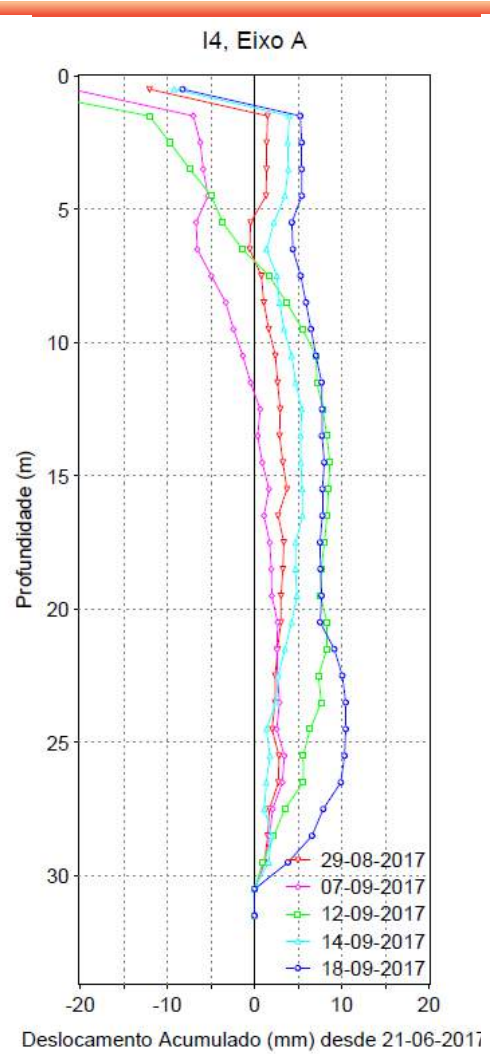


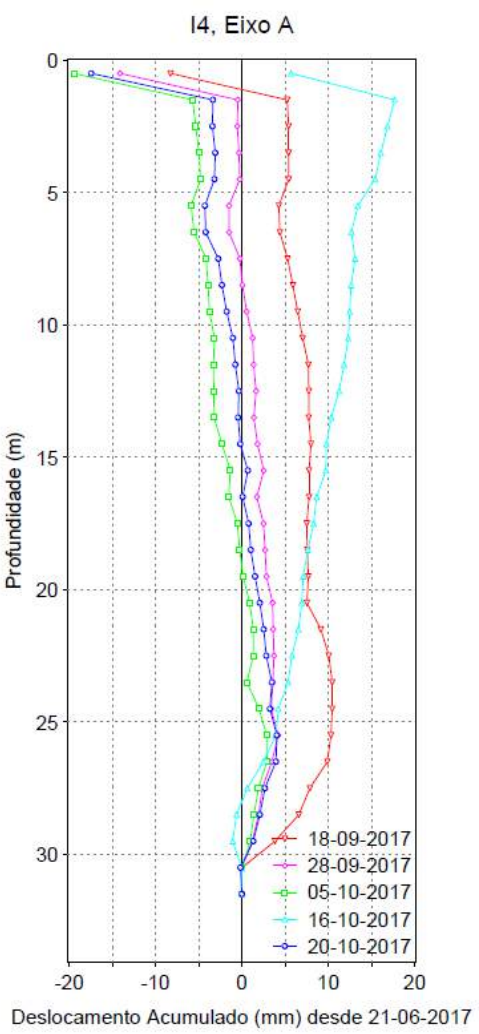
INCLINÓMETROS

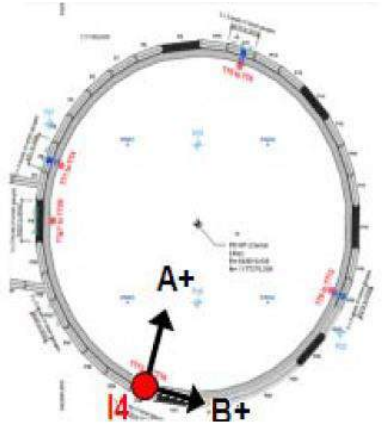
Plano de Instrumentação e Observação





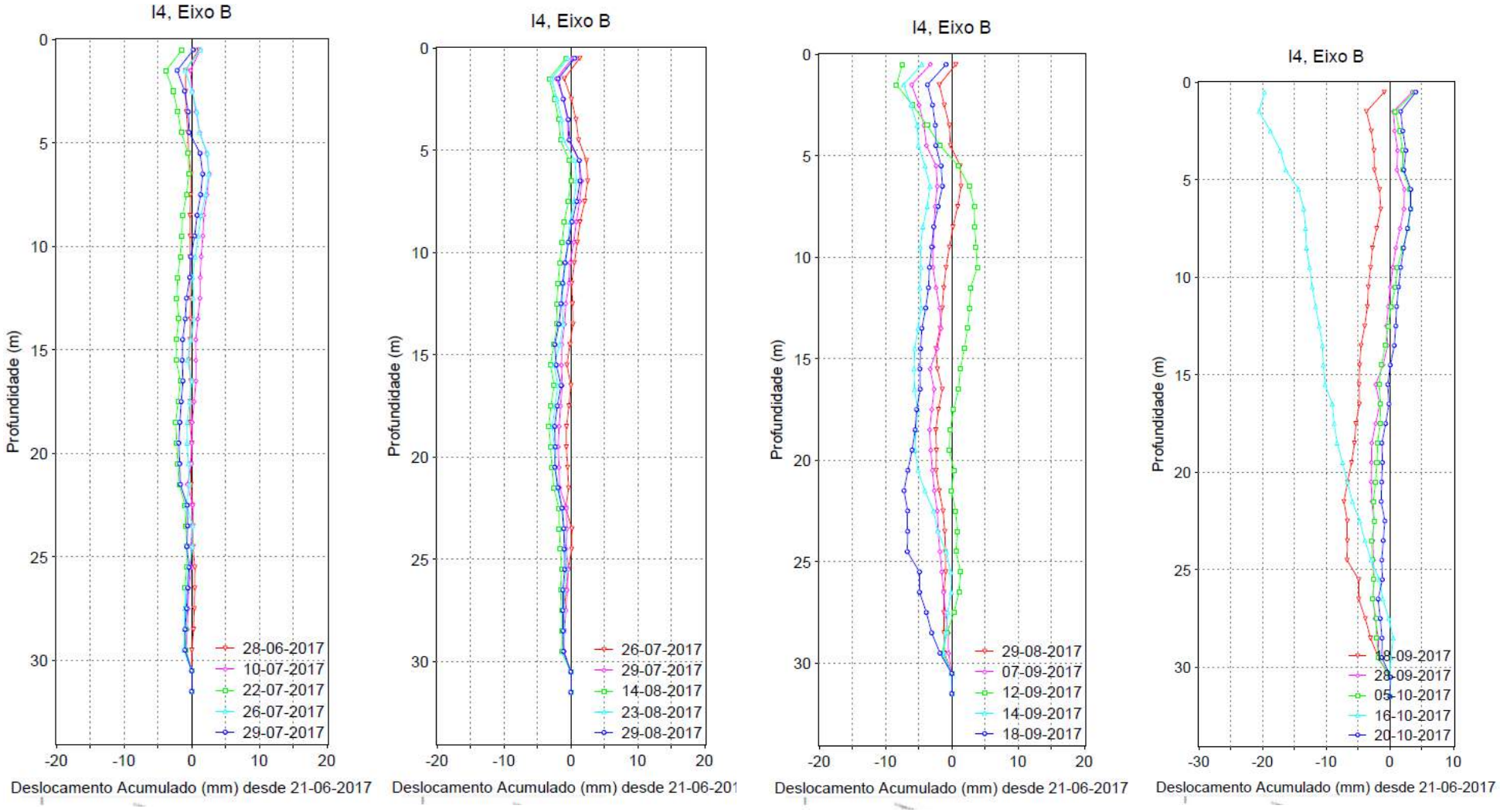


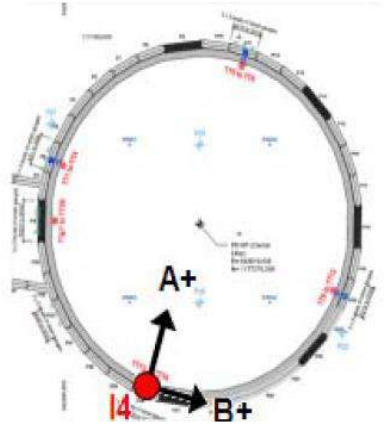




INCLINÓMETROS

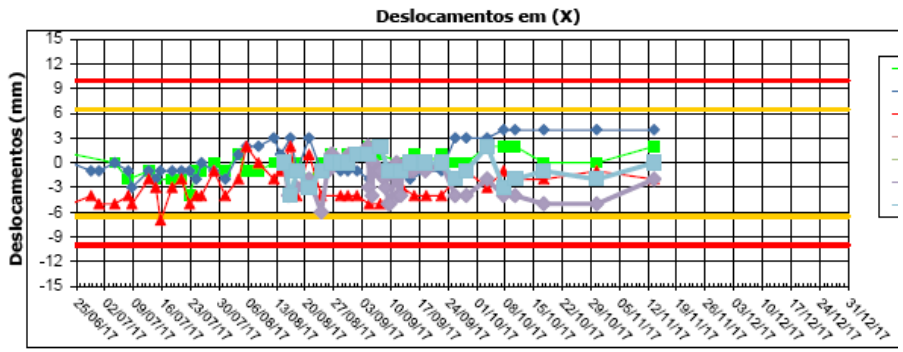
Plano de Instrumentação e Observação

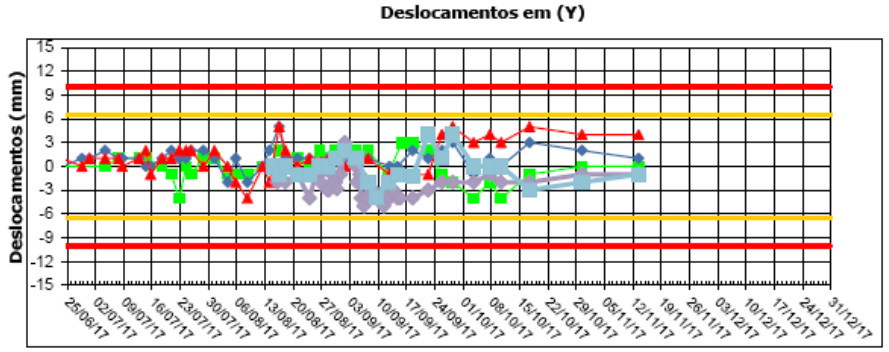


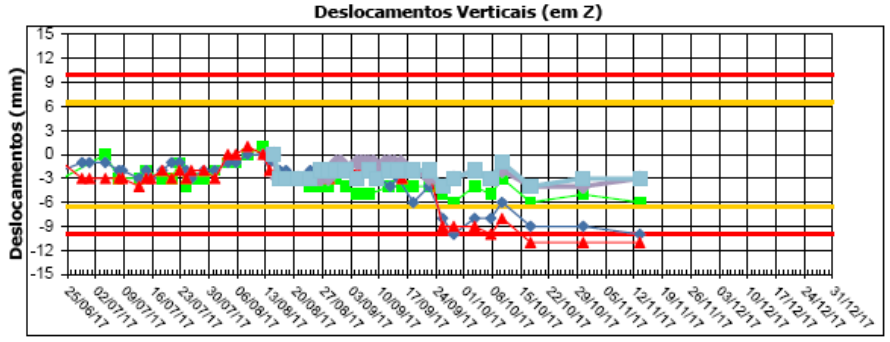


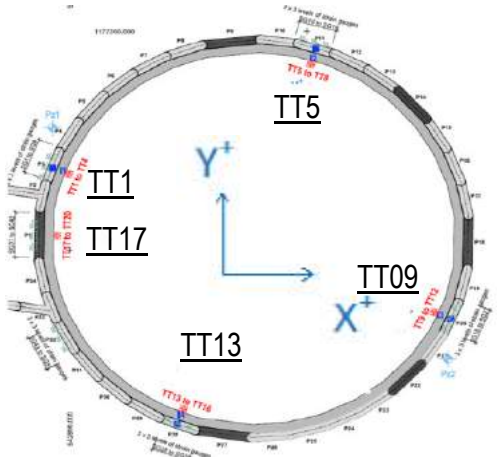
INCLINÓMETROS

Plano de Instrumentação e Observação

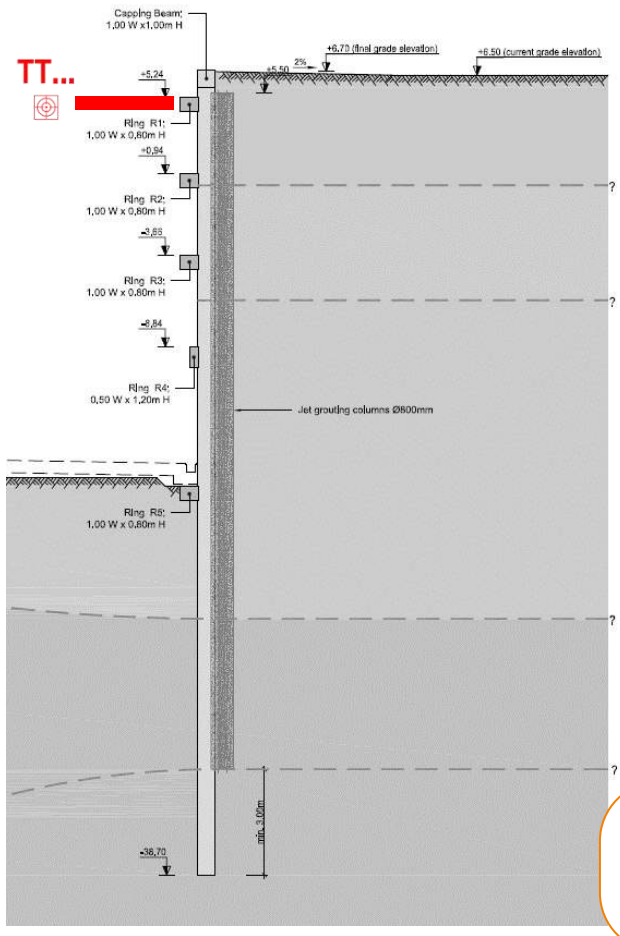






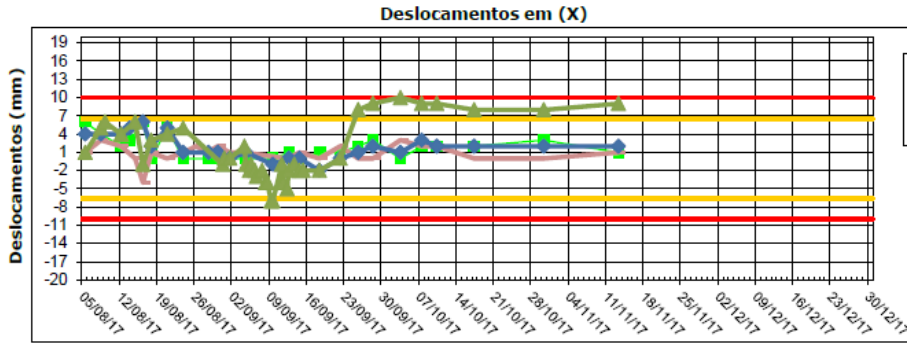


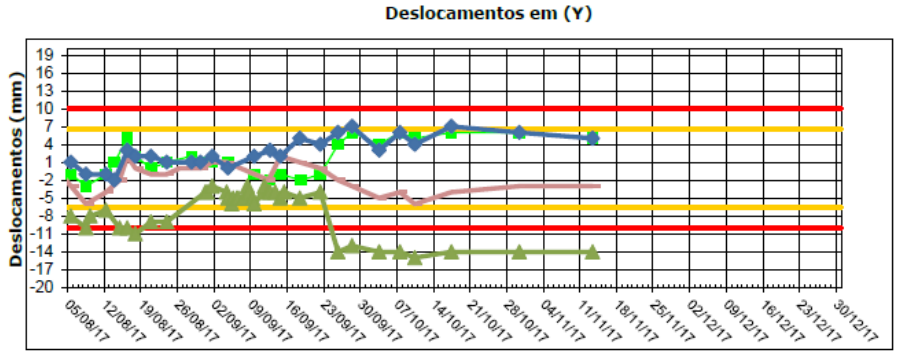
Alvo T5
Alvo T9
Alvo T13
Alvo T1
Alvo T17
Alvo T1A
Alvo T1-P7

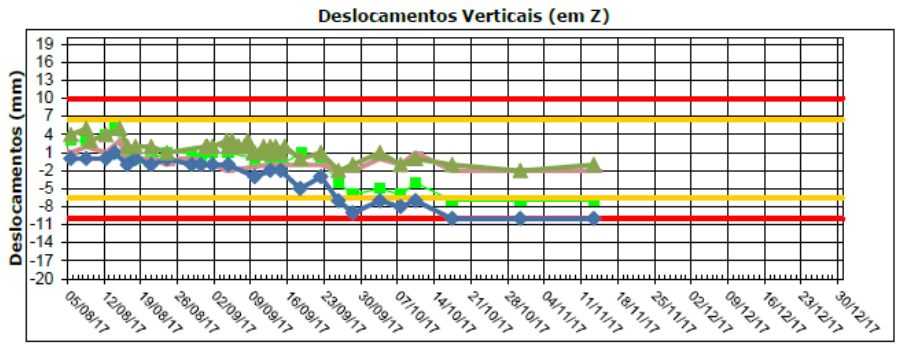


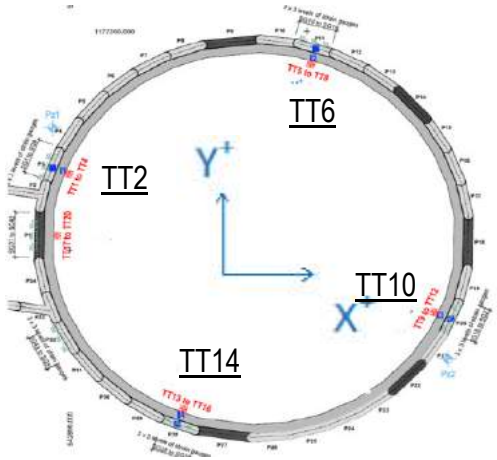
ALVOS TOPOGRÁFICOS

Plano de Instrumentação e Observação

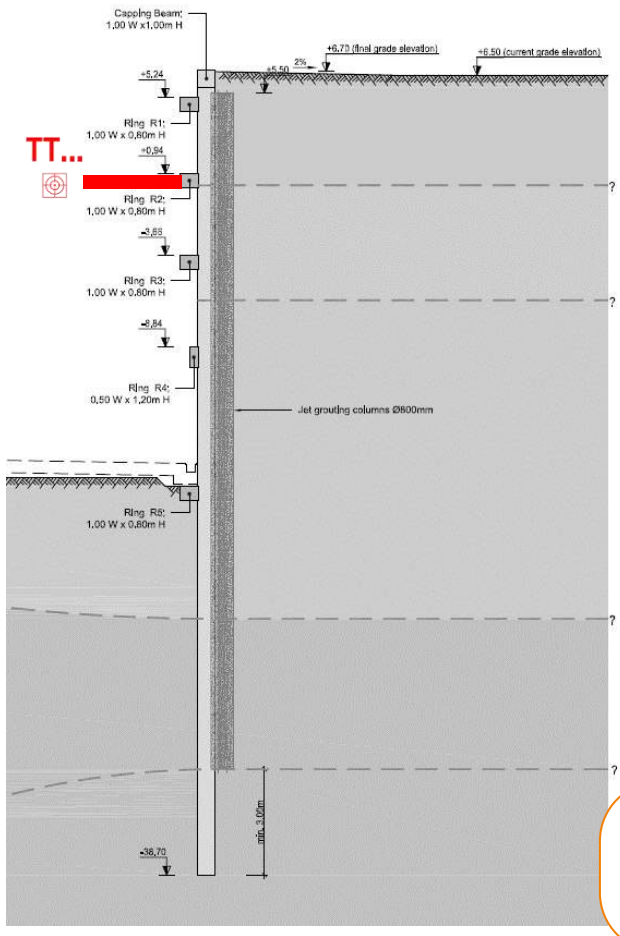






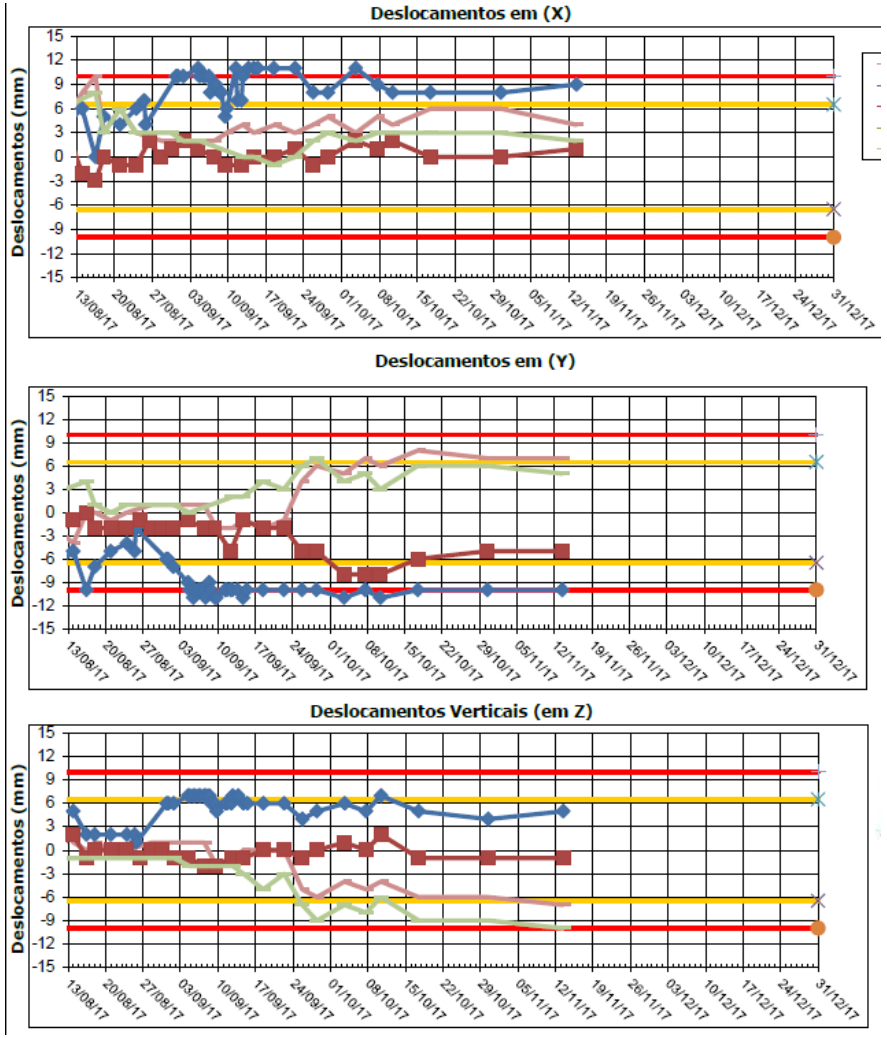


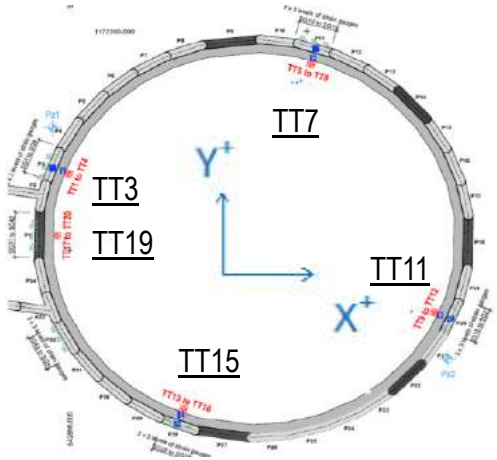
Alvo T14
Alvo T6
Alvo T10
Alvo T2



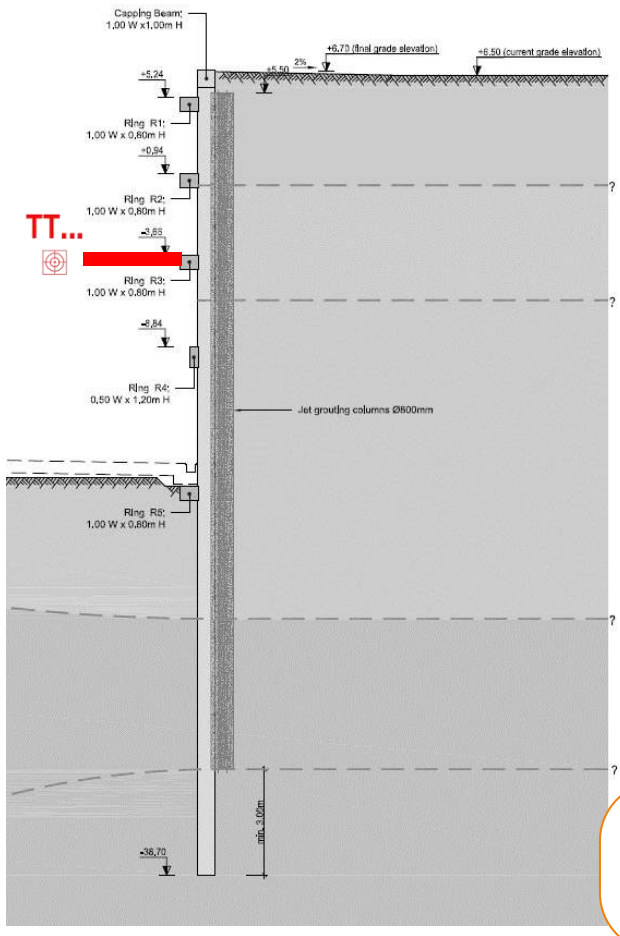
ALVOS TOPOGRÁFICOS

Plano de Instrumentação e Observação



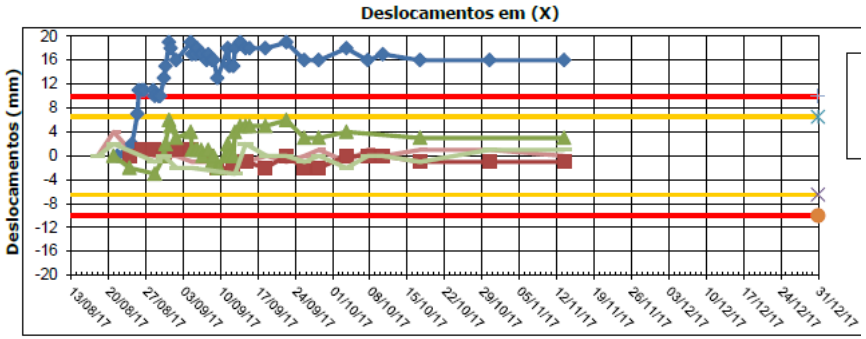


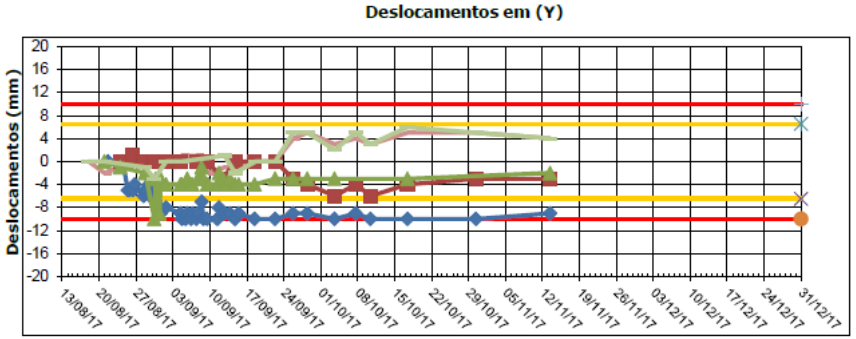
Alvo T15
Alvo T3
Alvo T7
Alvo T19
Alvo T11

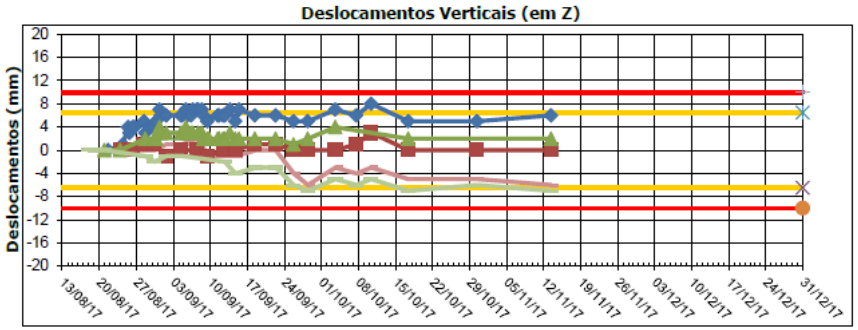


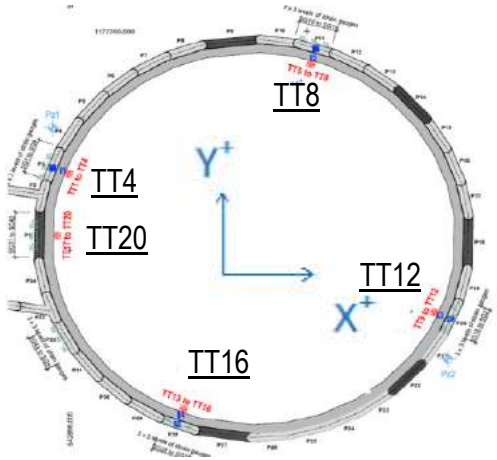
ALVOS TOPOGRÁFICOS

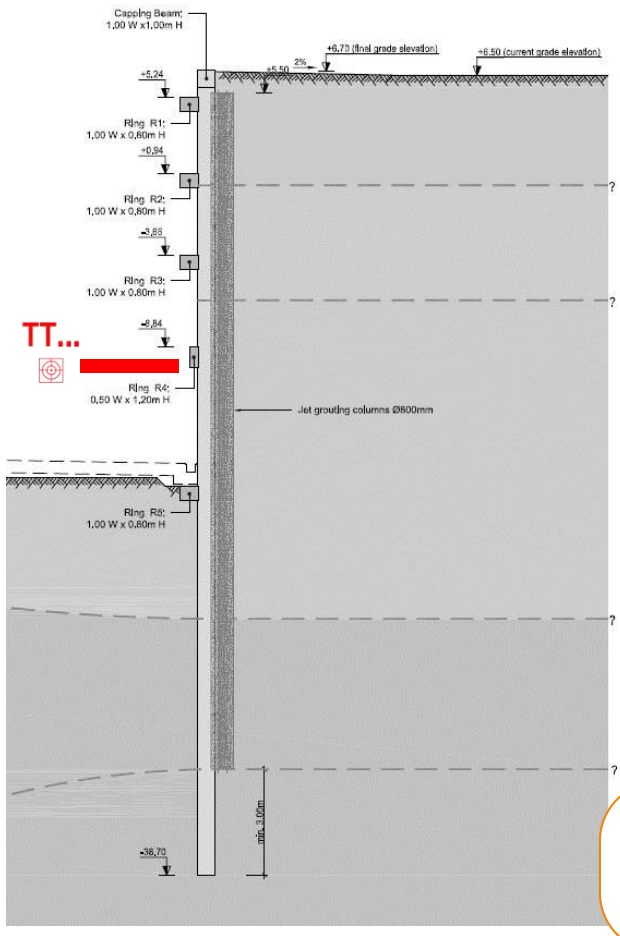
Plano de Instrumentação e Observação





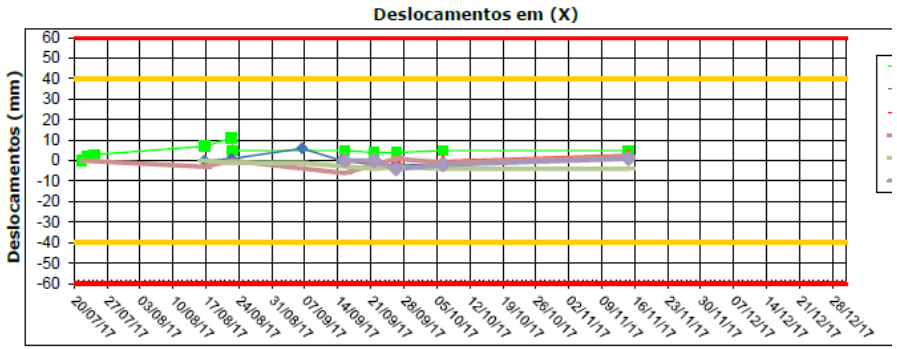


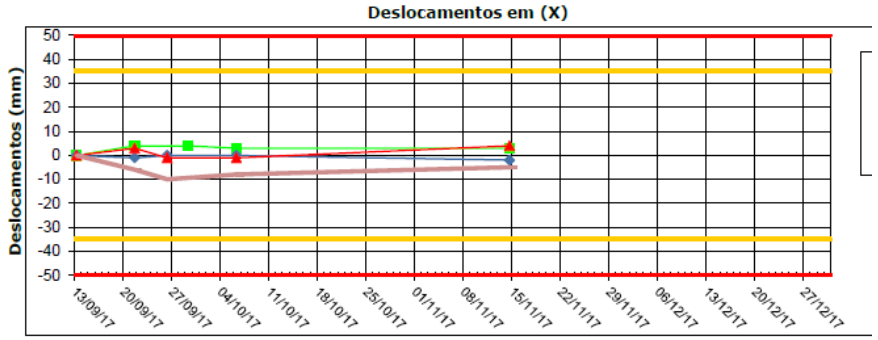


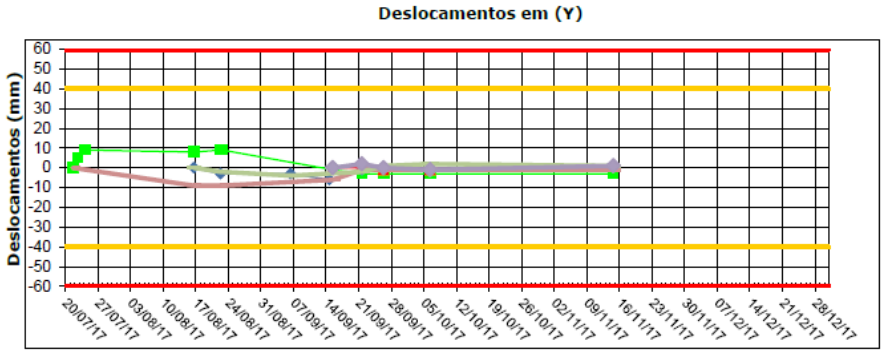


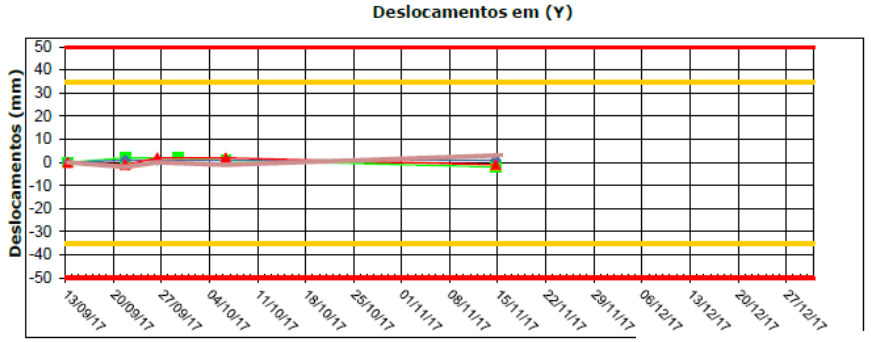
ALVOS TOPOGRÁFICOS

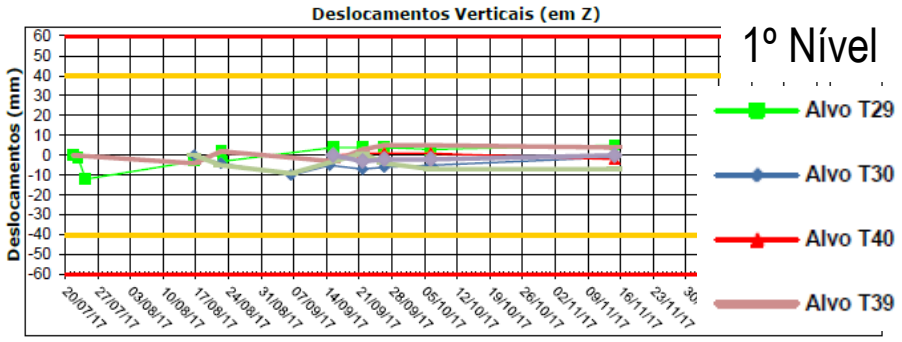
Plano de Instrumentação e Observação

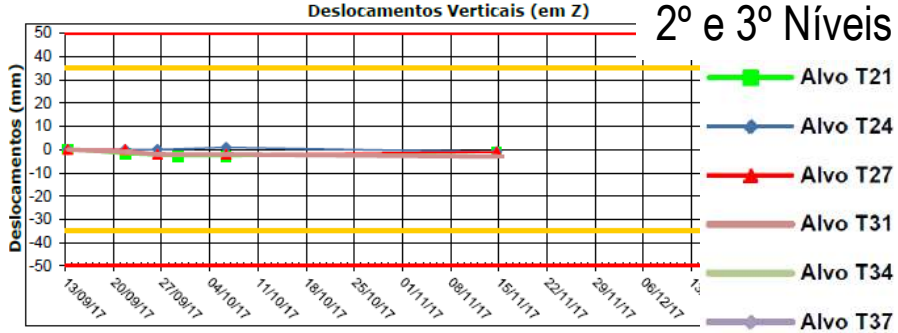


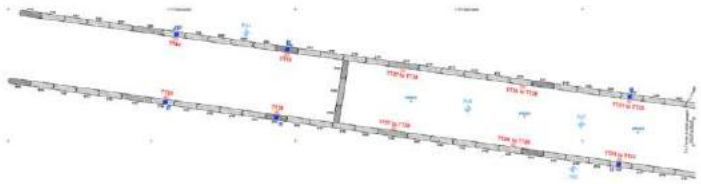












ALVOS TOPOGRÁFICOS

Índice

- INTRODUÇÃO
- ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais

- Importância de um estudo geológico geotécnico adaptado às soluções a implementar
- Importância dos estudos numéricos tridimensionais complementados com os estudos bidimensionais
- Importância da adoção de soluções compatíveis com a fase definitiva
- Importância do plano de instrumentação e observação na gestão do risco e avaliação das condições de segurança da obra
- Importância do intenso trabalho de coordenação em fase de projeto entre as várias entidades envolvidas e posteriormente em fase de obra na conclusão com sucesso

Considerações Finais

PRINCIPAIS QUANTIDADES

BETÃO ARMADO	
	m^3
PAINÉIS DE PAREDE MOLDADA - POÇO	**6 761,40**
PAINÉIS DE PAREDE MOLDADA - TRINCHEIRA	**7 617,16**
LAJE DE FUNDO - POÇO	1 065,99
LAJE DE FUNDO - TRINCHEIRA	1 050,60
OUTROS ELEMENTOS – VIGAS / ESCORAS / LAJES / PILARES	2 648,31
TOTAL	19 143,46

Considerações Finais

PRINCIPAIS QUANTIDADES

MICROESTACAS AUTOPERFURANTES		
TITAN 73/35 (S460NH)		
	uni	ml
POÇO	428	11 984
TRINCHEIRA	255	5955
TOTAL	683	17939

Considerações Finais

Vista da obra na fase de execução da parede moldada

Processos Construtivos

Vista da obra na fase inicial dos trabalhos de escavação – Vista da viga anelar do 1º nível

Processos Construtivos

Vista da obra na fase inicial dos trabalhos de escavação – Execução da segunda fase de escavação na frente norte e término da execução da viga anelar do 2º nível na frente sul

Considerações Finais

Vista da obra na fase final dos trabalhos de escavação

Considerações Finais

Vista da obra na fase de execução da laje de fundo

Considerações Finais

Vista da obra na fase final dos trabalhos de ligação entre o poço e a trincheira

Considerações Finais

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

tecnasol

elevo GROUP

17CNG

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem à entidade promotora do projeto, "Compagnie des Bauxites de Guinee" pela autorização para a plubicação da presente comunicação.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA ADOTADAS NO LIDL BELENENSES EM LISBOA

HENRIQUES, André
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA ADOTADAS NO LIDL BELENENSES EM LISBOA

Henriques, André, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, ahenriques@jetsj.com
Tomásio, Rui; JETsj Geotecnia, Lda., Lisboa, Portugal, rtomasio@jetsj.com
Neto, Carlos; Aníbal Oliveira Cristina Lda., Leiria, Portugal, carlos.neto@grupoaoc.com

Índice

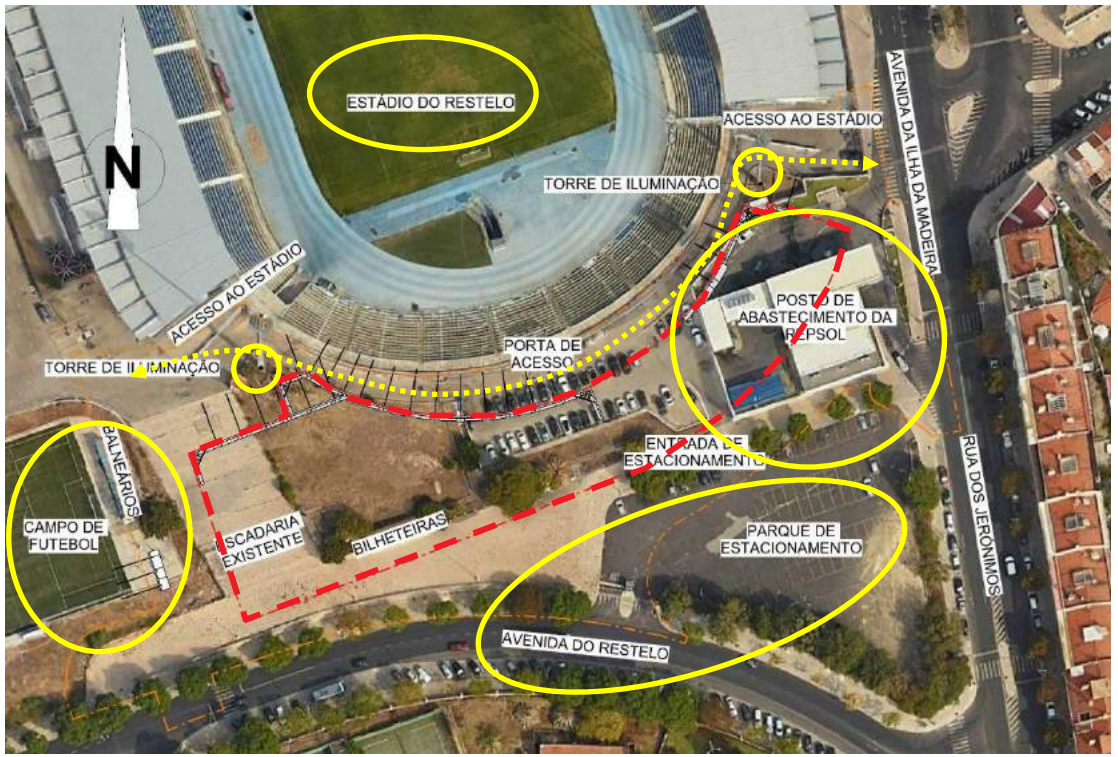
- INTRODUÇÃO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS
- DIMENSIONAMENTO
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS
- DIMENSIONAMENTO
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Introdução

- NOVA LOJA LIDL BELENENSES
- ÁREA DE IMPLANTAÇÃO – 4800 m^2
- 3 PISOS ≈ 8 m DE ALTURA
- 2 PISOS SEMIENTERRADOS
- SEM EDIFICAÇÕES VIZINHAS
- INFRAESTRUTURAS PRÓXIMAS

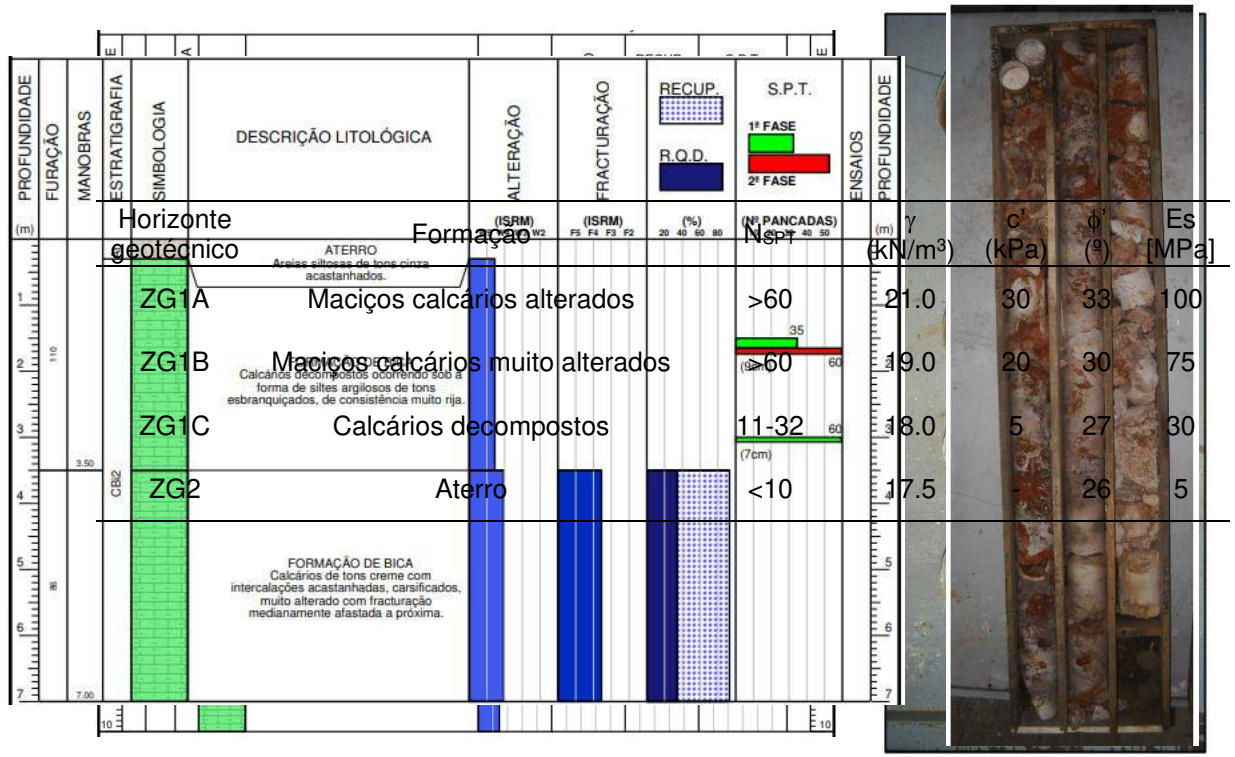


Índice

- INTRODUÇÃO
- **CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS**
- SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS
- DIMENSIONAMENTO
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condições Geológicas e Geotécnicas

- 7 SONDAGENS MECÂNICAS COM REALIZAÇÃO DE ENSAIOS SPT
- SUBSTRATO CALCÁRIO – FORMAÇÃO DA BICA
  - SILTES ARGILOSOS – $11<N_{STP}<32$
  - MACIÇO CALCÁRIO – NSPT>60
- ATERROS – ESPESSURAS ENTRE 1,0 A 5,5m
- 4 HORIZONTES GEOTÉCNICOS



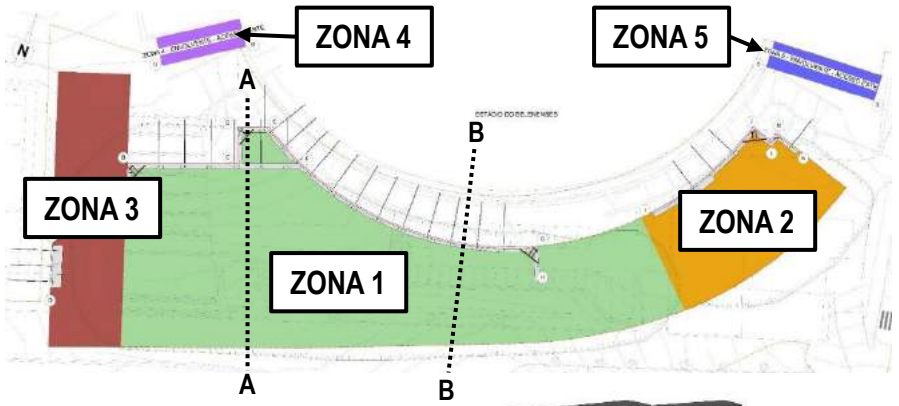
Horizonte geotécnico	Formação	NSPT	γ (kN/m³)	c' (kPa)	ϕ' (º)	Es [MPa]
ZG1A	Maciços calcários alterados	>60	21.0	30	33	100
ZG1B	Maciços calcários muito alterados	>60	19.0	20	30	75
ZG1C	Calcários decompostos	11-32	18.0	5	27	30
ZG2	Aterro	<10	17.5	-	26	5

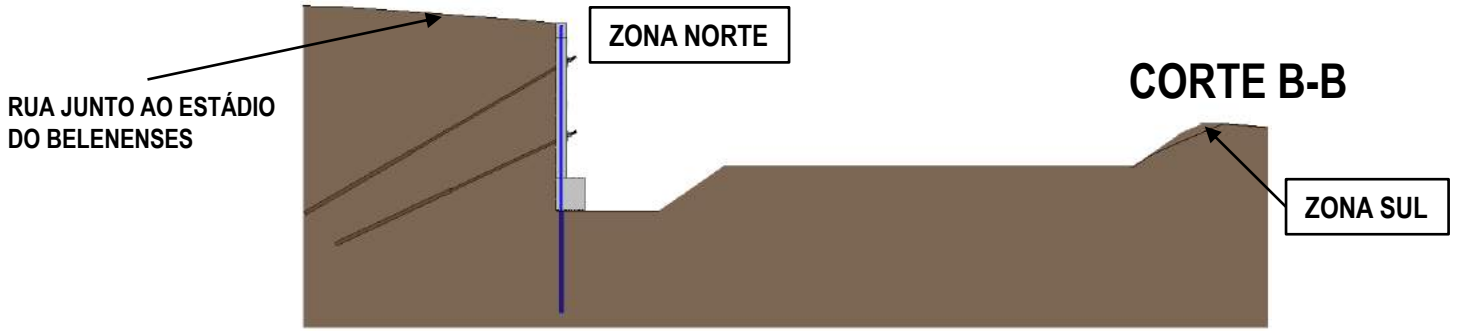
Índice

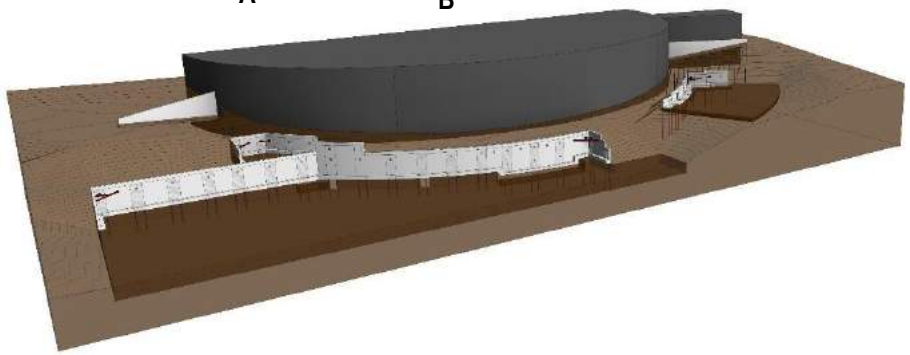
- INTRODUÇÃO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS
- **SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS**
- DIMENSIONAMENTO
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Soluções de contenção propostas

- 5 ZONAS DE ESCAVAÇÃO
  - TALUDE + MUROS DO TIPO MUNIQUE
  - MUROS APOIADOS EM MICROESTACAS







Soluções de contenção propostas

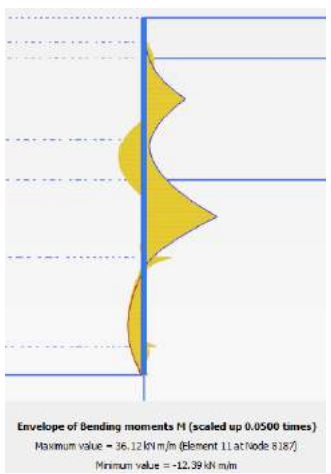
- SOLUÇÃO DE TALUDE + MUROS DO TIPO MUNIQUE:
  - ESPESSURA 40 cm
  - MICROESTACAS Ø 88,9 mm
  - UM A DOIS NÍVEIS DE TRAVAMENTO
  - ESCORAS HEB
  - ANCORAGENS - PRÉ ESFORÇO ÚTL DE 350 E 450 kN
  - TALUDES COM INCLINAÇÕES DE 2/3 (V/H)

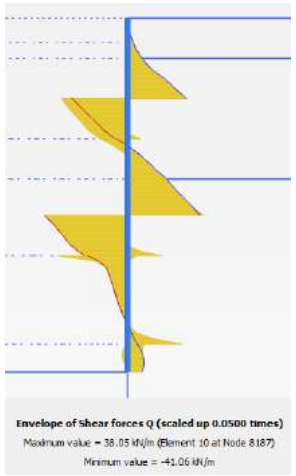
Índice

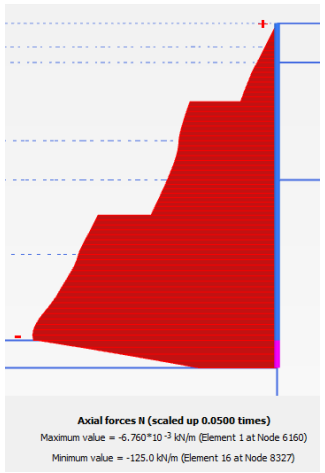
- INTRODUÇÃO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS
- **DIMENSIONAMENTO**
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

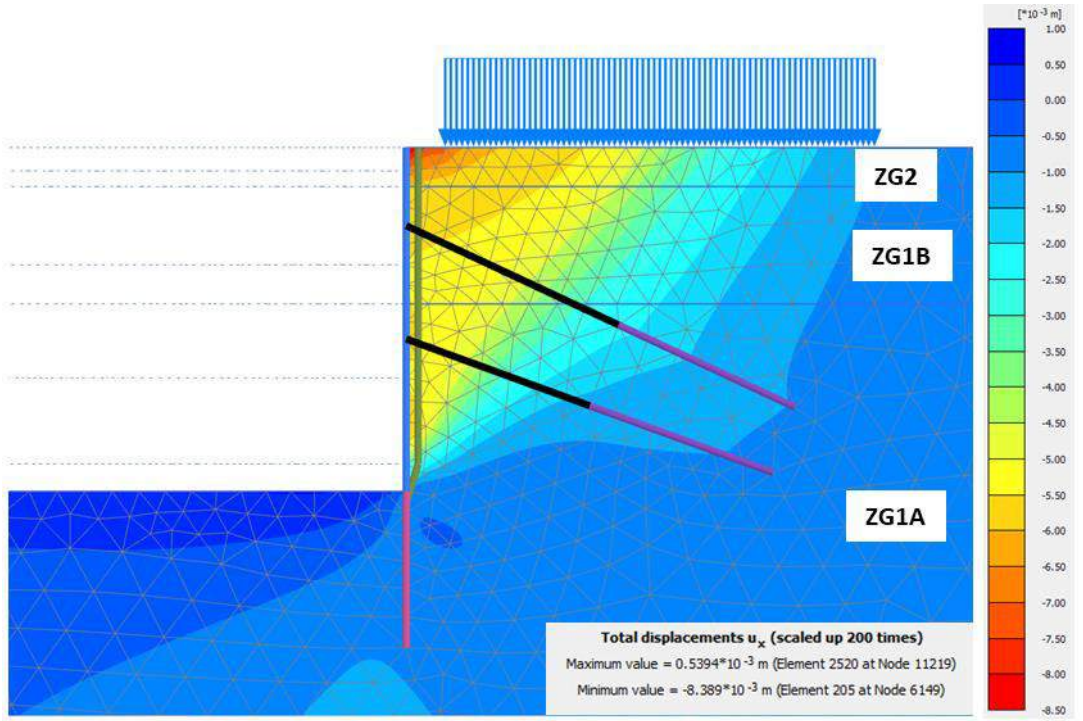
Dimensionamento

- PLAXIS 2D
- 6 SECÇÕES
- ANÁLISE DE ESFORÇOS E DEFORMAÇÕES
- DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME







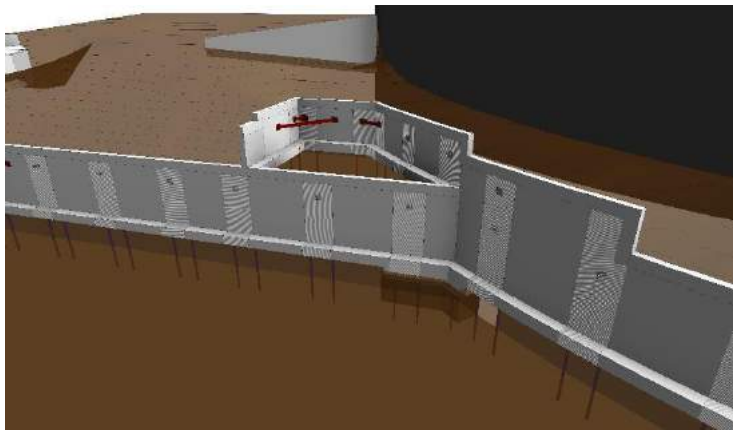


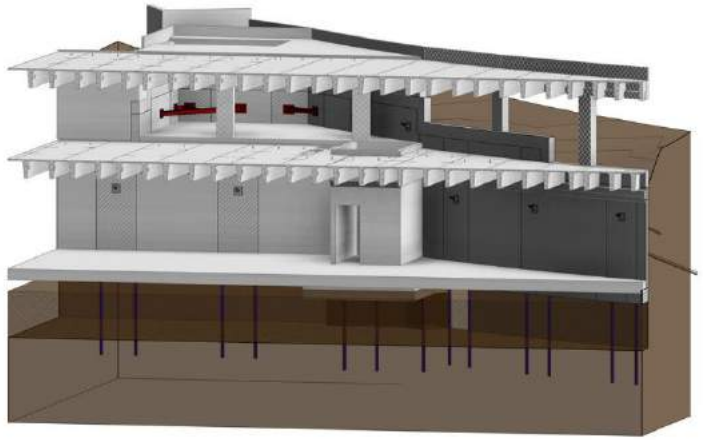
Índice

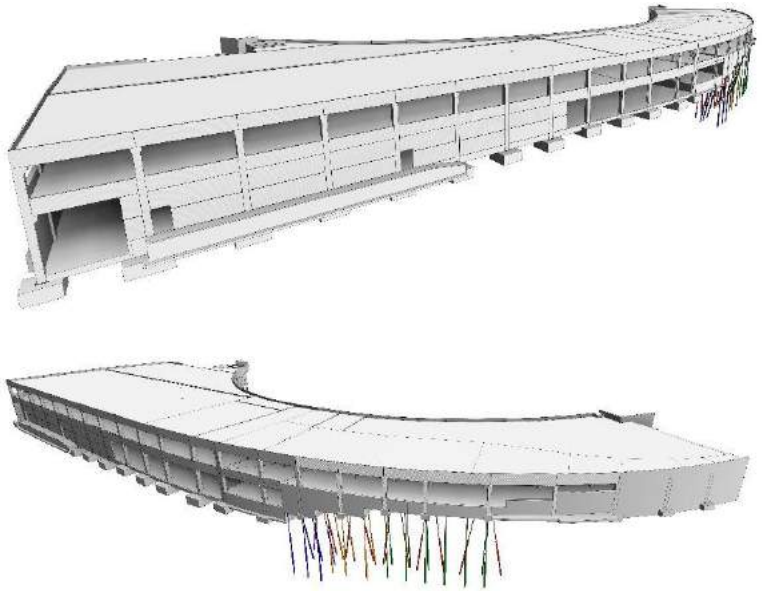
- INTRODUÇÃO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS
- DIMENSIONAMENTO
- **UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM**
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilização de ferramentas BIM

- GEOMETRIA COMPLEXA
- COMPATIBILIZAÇÃO DAS DIVERSAS ESPECIALIDADES





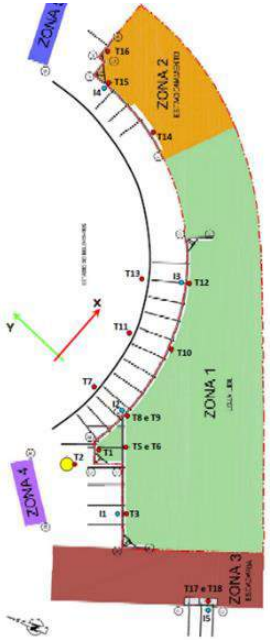


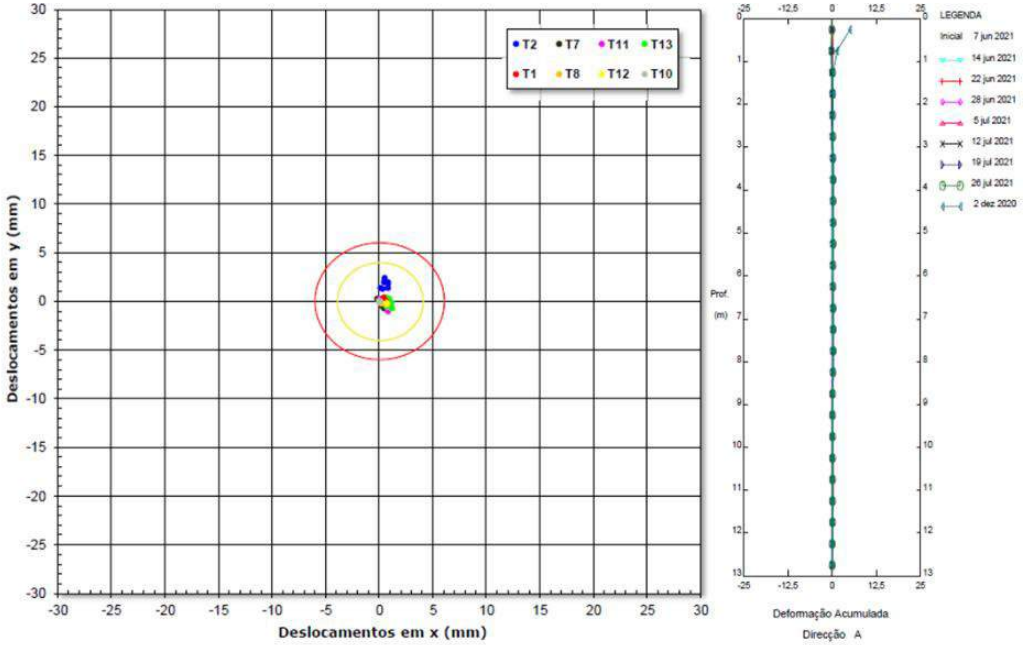
Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS
- DIMENSIONAMENTO
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- **INSTRUMENTAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Instrumentação

- 13 ALVOS | 1 CÉLULA DE CARGA | 4 INCLINÓMETROS | 1 SISMÓGRAFO
- OTIMIZAÇÃO DAS SOLUÇÕES
  - REDUÇÃO DOS TRAVAMENTOS
  - AUMENTO DAS INCLINAÇÕES DOS TALUDES
  - ABERTURA DE PAINÉIS COM MAIOR DIMENSÃO





Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICAS E GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PROPOSTAS
- DIMENSIONAMENTO
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- INSTRUMENTAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais

- VERSATILIDADE E ADAPTABILIDADE DA SOLUÇÃO ADOTADA
- USO DE FERRAMENTAS BIM
  - MAIOR QUALIDADE
  - REDUÇÃO DE ERROS DE COMPATIBILIZAÇÃO
  - MELHOR PERCEÇÃO DA SOLUÇÃO PRECONIZADA
- PAPEL DA INSTRUMENTAÇÃO NA ADAPTAÇÃO DE SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

JARDIM DE SÃO MAMEMDE – SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA, EM LISBOA

MARTINS, Carlos
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

JARDIM DE SÃO MAMEDE – SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA, EM LISBOA

Martins, Carlos, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal,* cmartins@jetsj.com
Tomásio, Rui, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal,* rtomasio@jetsj.com
Pereira, Ana

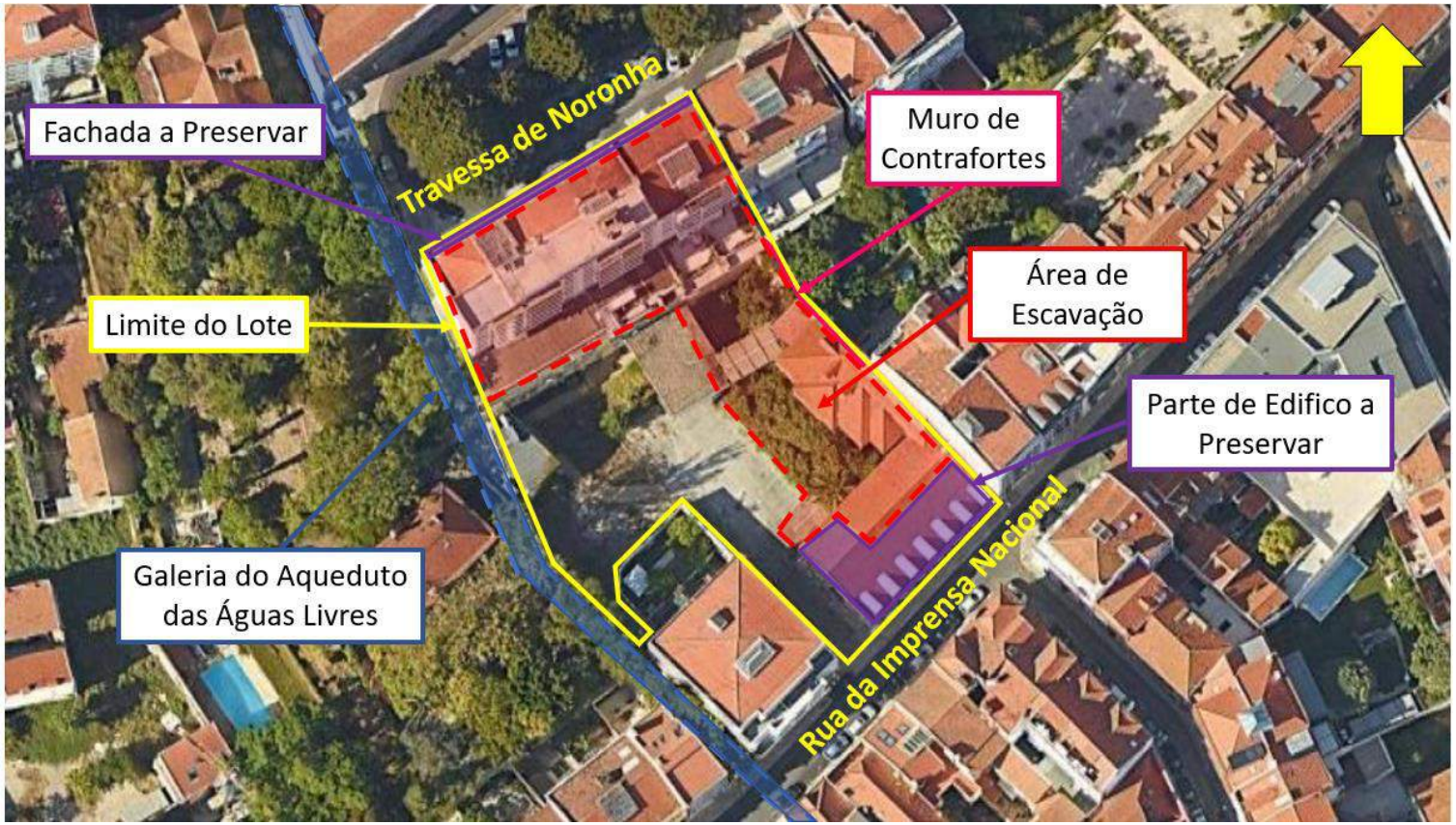
Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Introdução



Características do Lote e Infraestruturas existentes:

- ✓ Área de implantação total 2500m2
- ✓ Edifício Norte (750m2): Anos 60
- ✓ Edifício Sul (315m2): Fim século XIX
- ✓ Edifício Nascente (173m2): Fim século XIX
- ✓ Muro de Contrafortes a Nascente
- ✓ Galeria Aqueduto Águas Livres a Poente

Introdução

Cortesia Lantia: https://jardimsmamede.pt/

Características das Edificações a construir:

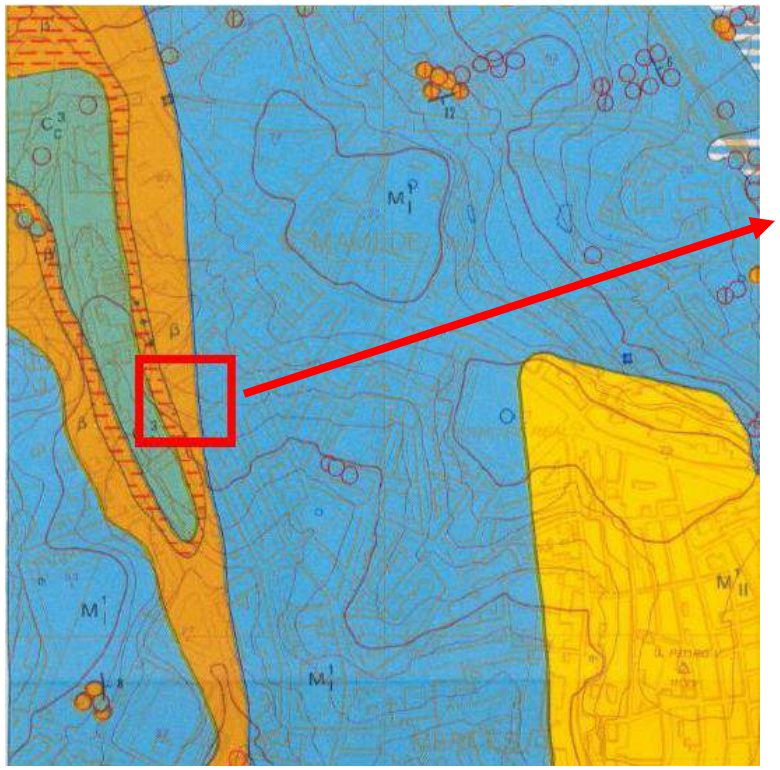
- Casas da Travessa:
  - ✓ 8 pisos elevados
- Casas do Jardim:
  - ✓ 2 pisos elevados
- Casas da Travessa:
  - ✓ 3 pisos elevados
- Embasamento Comum:
  - ✓ 2 pisos enterrados

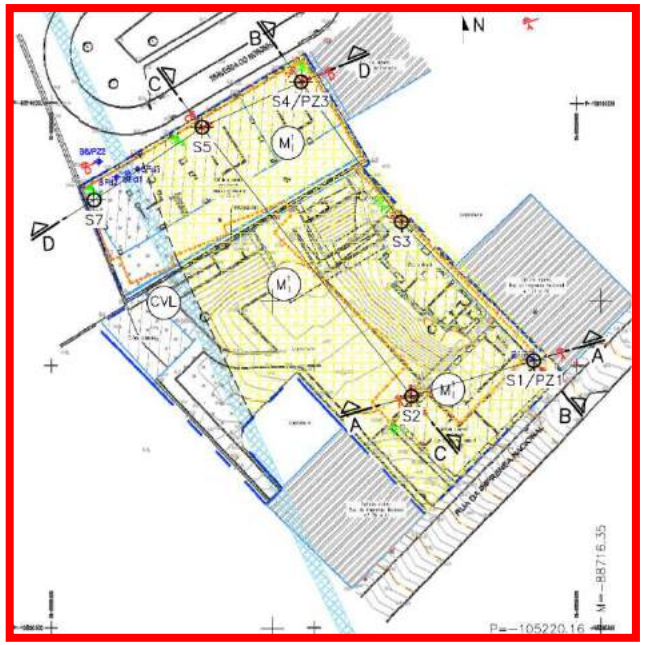
Índice

- INTRODUÇÃO
- **CONDICIONANTES**
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos





Terrenos pertencentes ao Miocénico e ao Cretácico:

- Formações do Miocénico
  - ✓ "Argilas e Calcários dos Prazeres"
- Formações do Cretácico
  - ✓ Complexo Vulcânico de Lisboa

Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 4 - Lisboa

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Campanha de Prospeção:

- ✓ 7 furos de sondagem
- ✓ 2 piezómetros
- ✓ Ensaios SPT em profundidade
- ✓ Ensaios laboratoriais
- ✓ 13 poços de prospeção de fundações

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

S1: 13.50m

Parametrização Geomecânica

- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

Horizonte geotécnico	Formação	N_{SPT}	γ (kN/m³)	ϕ' (º)	c' (kPa)	Es [MPa]
ZG4	Aterros	4-23	18	30	0	7
ZG3	Margas, com intercalações arenosas, argilas e formações do CVL com intercalações Vulcano-sedimentares	5-36	19	30	20	12
ZG2	Argilas e Calcários dos Prazeres ou CVL com intercalações Vulcano-sedimentares e basaltos do CVL	≥60	18	35	40	40
ZG1	Margas e calcários fossilíferos, carsificados	≥60 e rochoso	18-20	40	200	100

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

S2: 15.0m

Parametrização Geomecânica

- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

Horizonte geotécnico	Formação	N_{SPT}	γ (kN/m^3)	ϕ' (º)	c' (kPa)	Es [MPa]
ZG4	Aterros	4-23	18	30	0	7
ZG3	Margas, com intercalações arenosas, argilas e formações do CVL com intercalações Vulcano-sedimentares	5-36	19	30	20	12
ZG2	Argilas e Calcários dos Prazeres ou CVL com intercalações Vulcano-sedimentares e basaltos do CVL	≥60	18	35	40	40
ZG1	Margas e calcários fossilíferos, carsificados	≥60 e rochoso	18-20	40	200	100

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

S3: 16.5m

Parametrização Geomecânica

- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

Horizonte geotécnico	Formação	N_{SPT}	γ (kN/m^3)	ϕ' (º)	c' (kPa)	Es [MPa]
ZG4	Aterros	4-23	18	30	0	7
ZG3	Margas, com intercalações arenosas, argilas e formações do CVL com intercalações Vulcano-sedimentares	5-36	19	30	20	12
ZG2	Argilas e Calcários dos Prazeres ou CVL com intercalações Vulcano-sedimentares e basaltos do CVL	≥60	18	35	40	40
ZG1	Margas e calcários fossilíferos, carsificados	≥60 e rochoso	18-20	40	200	100

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Parametrização Geomecânica

- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

Horizonte geotécnico	Formação	N_{SPT}	γ (kN/m^3)	ϕ' (º)	c' (kPa)	Es [MPa]
ZG4	Aterros	4-23	18	30	0	7
ZG3	Margas, com intercalações arenosas, argilas e formações do CVL com intercalações Vulcano-sedimentares	5-36	19	30	20	12
ZG2	Argilas e Calcários dos Prazeres ou CVL com intercalações Vulcano-sedimentares e basaltos do CVL	≥60	18	35	40	40
ZG1	Margas e calcários fossilíferos, carsificados	≥60 e rochoso	18-20	40	200	100

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

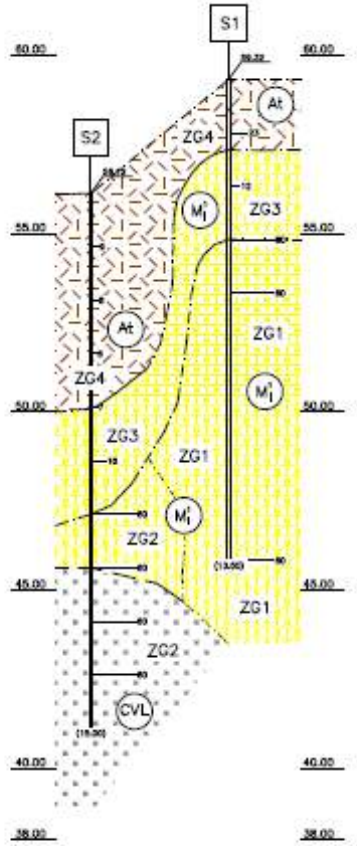
S7: 9.0m

Parametrização Geomecânica
- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

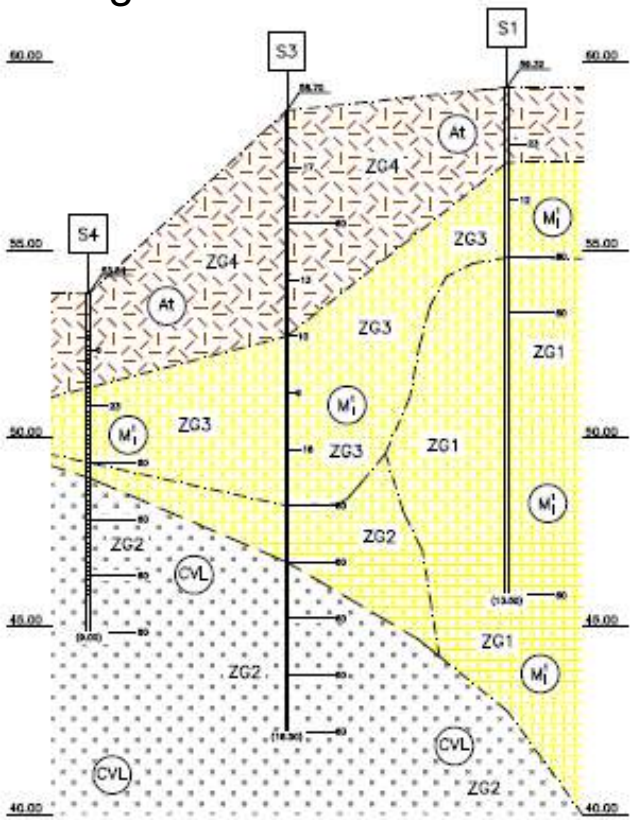
Horizonte geotécnico	Formação	N_{SPT}	γ (kN/m^3)	ϕ' (º)	c' (kPa)	Es [MPa]
ZG4	Aterros	4-23	18	30	0	7
ZG3	Margas, com intercalações arenosas, argilas e formações do CVL com intercalações Vulcano-sedimentares	5-36	19	30	20	12
ZG2	Argilas e Calcários dos Prazeres ou CVL com intercalações Vulcano-sedimentares e basaltos do CVL	≥60	18	35	40	40
ZG1	Margas e calcários fossilíferos, carsificados	≥60 e rochoso	18-20	40	200	100

Condicionantes

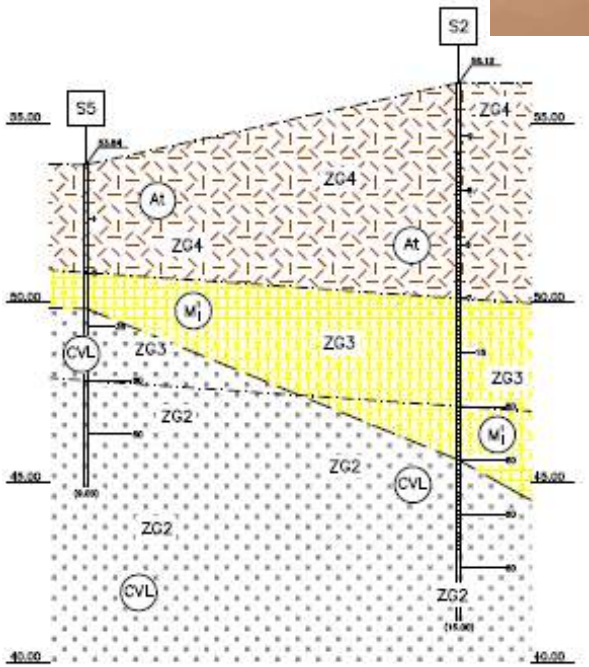
- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos



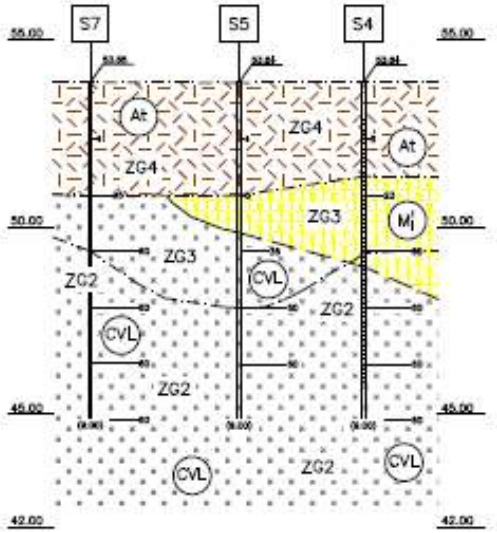
CORTE GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO A–A
H: 1/500 ; V: 1/250



CORTE GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO B–B
H: 1/500 ; V: 1/250



CORTE GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO C–C
H: 1/500 ; V: 1/250

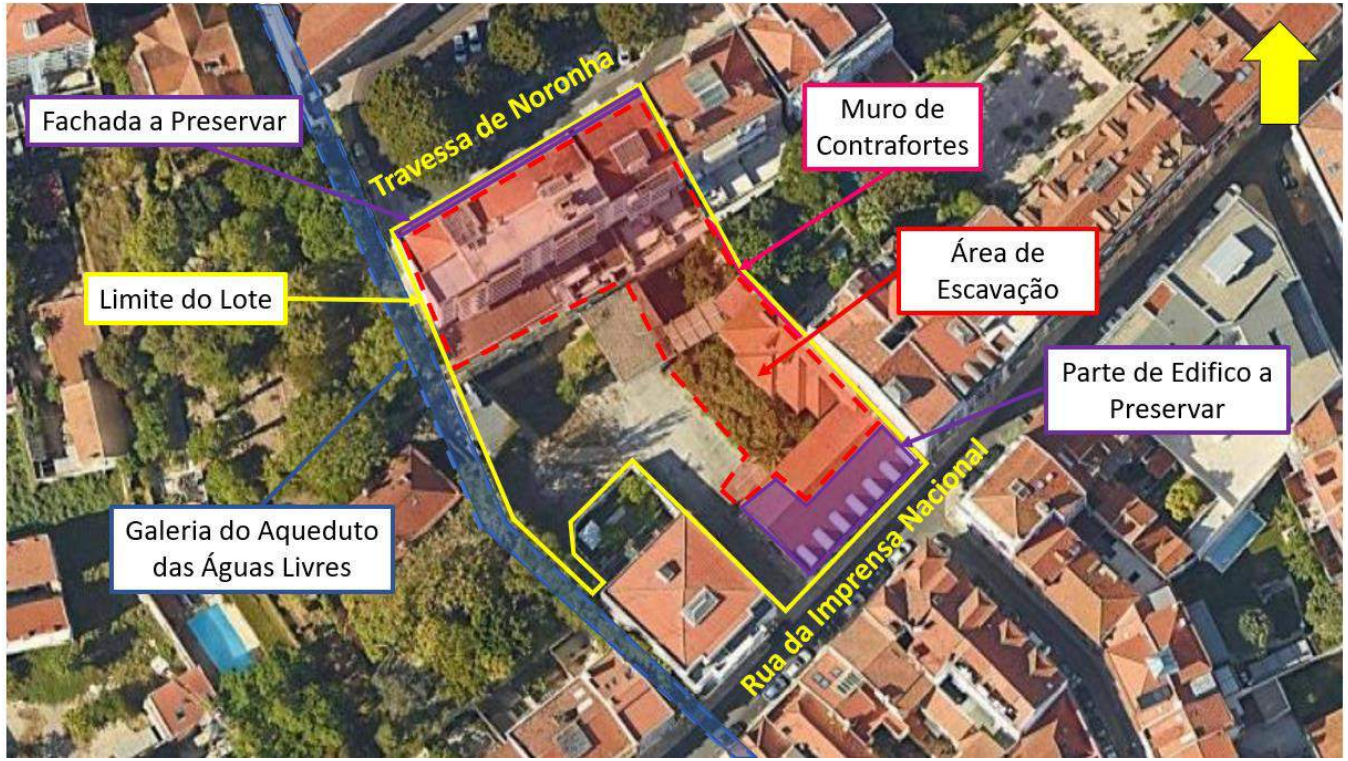


CORTE GEOLÓGICO–GEOTÉCNICO D–D
H: 1/500 ; V: 1/250

Condicionantes

- Condições de Vizinhança

- Rua da Imprensa Nacional, a Sul
- Travessa de Noronha a Norte
- Edifícios vizinhos e logradouros, a Nascente:
  - ✓ Edifício com 5 pisos elevados sem caves, junto à Rua da Imprensa Nacional
  - ✓ Edifício com 7 pisos elevados com 1 cave, junto à Travessa de Noronha
- Edifício vizinho sem cave e logradouro, a Poente
- Galeria do Aqueduto das Águas Livres, a Poente



Condicionantes

- Infraestruturas existentes: Zona Norte

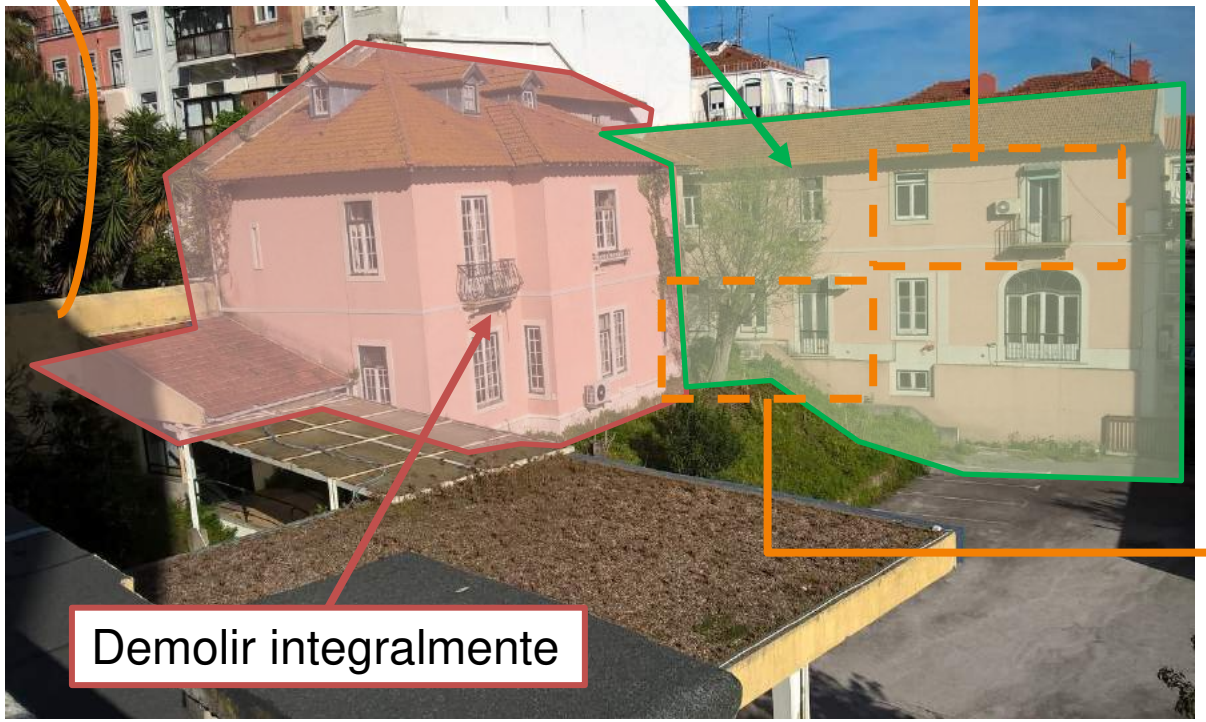
➢ Bloco de edifícios a demolir

➢ Fachada a preservar:

Condicionantes

- Infraestruturas existentes: Zona Nascente e Zona Sul

Preservar parcialmente

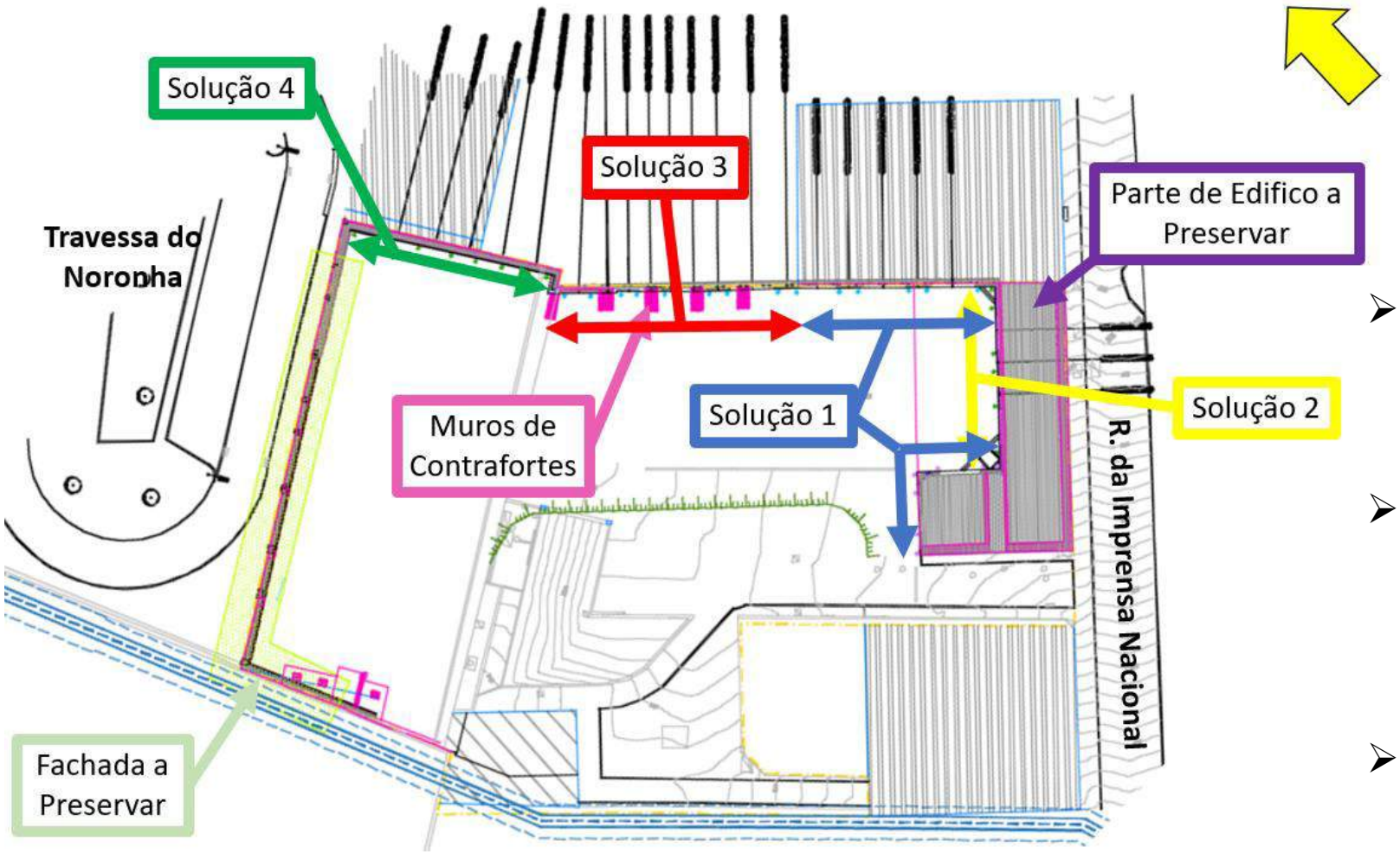


Demolir integralmente

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- **SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO**
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Solução de Escavação e Contenção

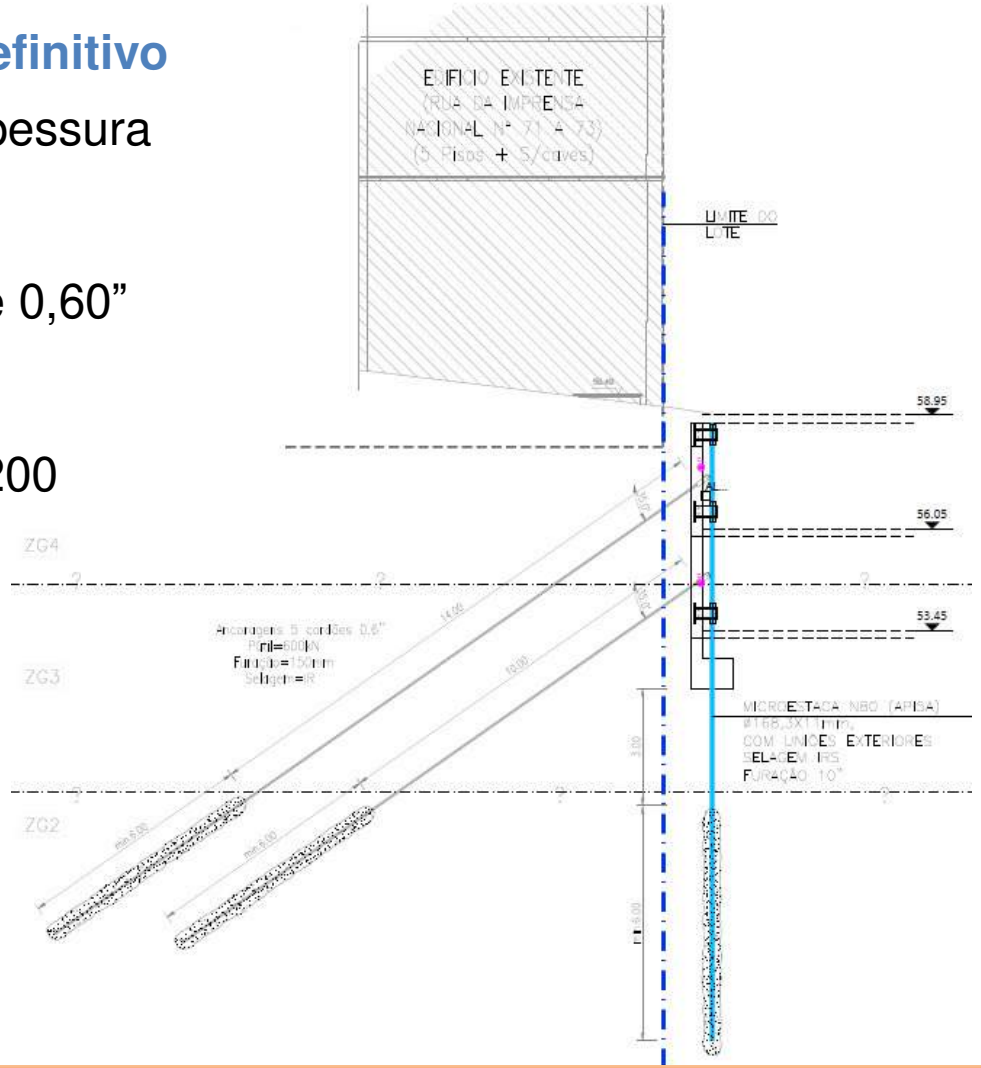


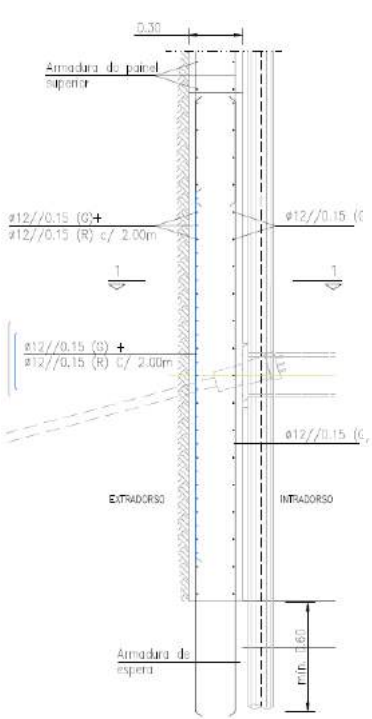
- Contenção Periférica com recurso à Tecnologia do tipo Berlim definitivo:
  - ✓ Parede 30cm espessura
- Travamentos provisórios:
  - ✓ Ancoragens
  - ✓ Escoramentos metálicos
  - ✓ Tirantes
- Soluções variantes:
  - ✓ Função do faseamento construtivo

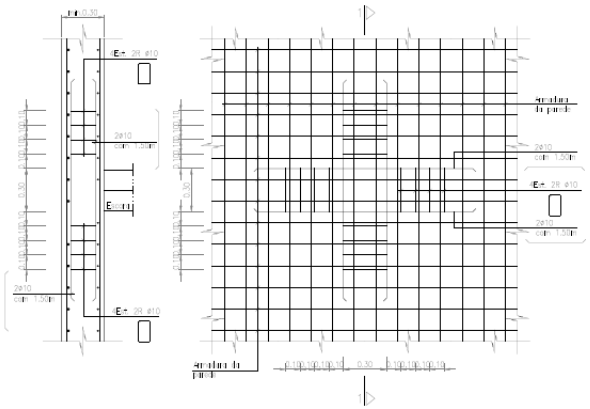
Solução de Escavação e Contenção

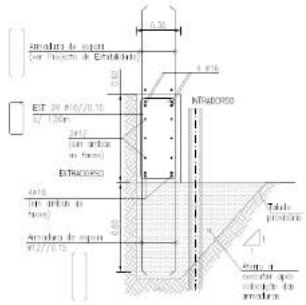
Solução 1 – Berlim Definitivo

- Parede 30cm de espessura
- Ancoragens:
  - ✓ 4 / 5 cordões de 0,60”
- Escoramentos
  - ✓ HEB180 / HEB200
  - ✓ Tirantes
- Microestacas N80
  - ✓ ∅168,3x11mm,
  - ✓ ∅139,7x10mm
  - ✓ ∅88,9x9mm





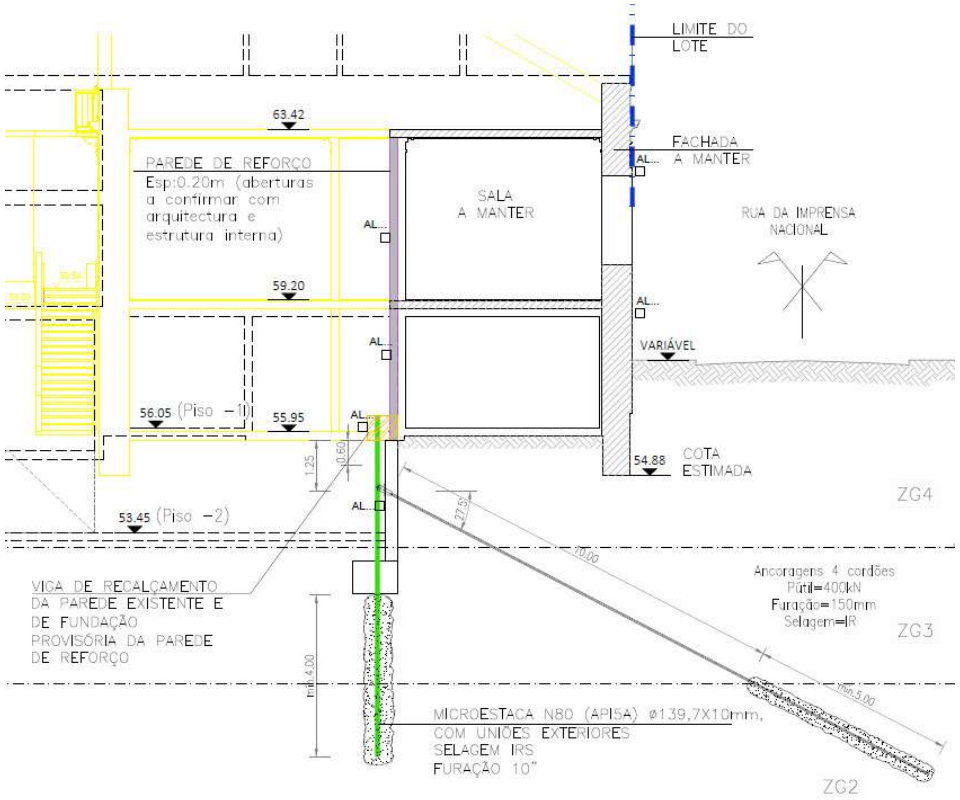


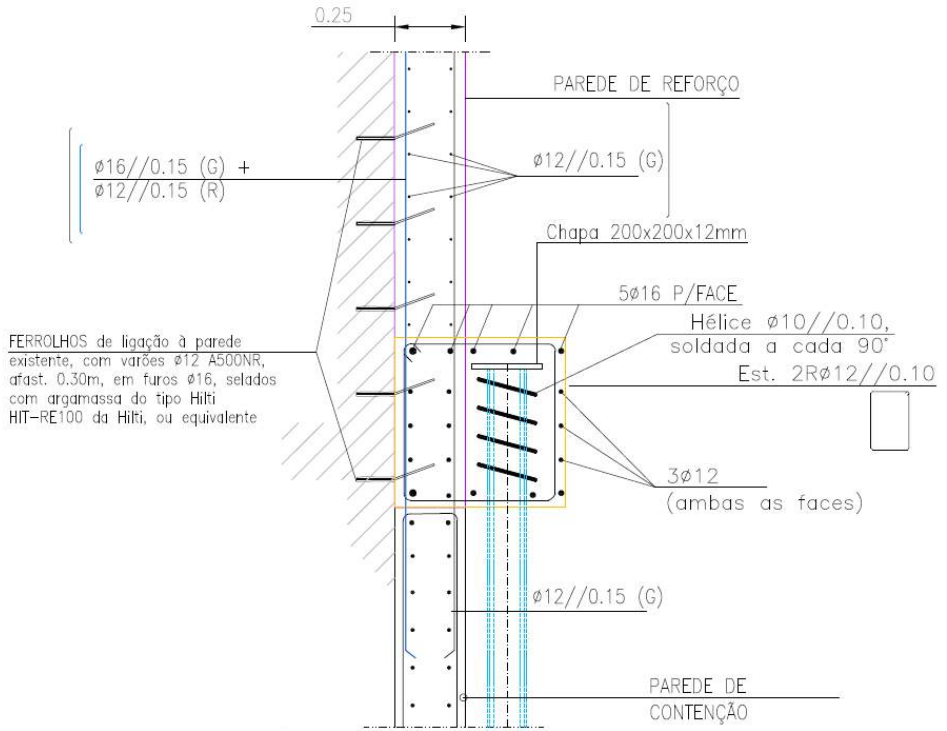


Solução de Escavação e Contenção

Solução 2 – Berlim Definitivo + Recalçamento de parede

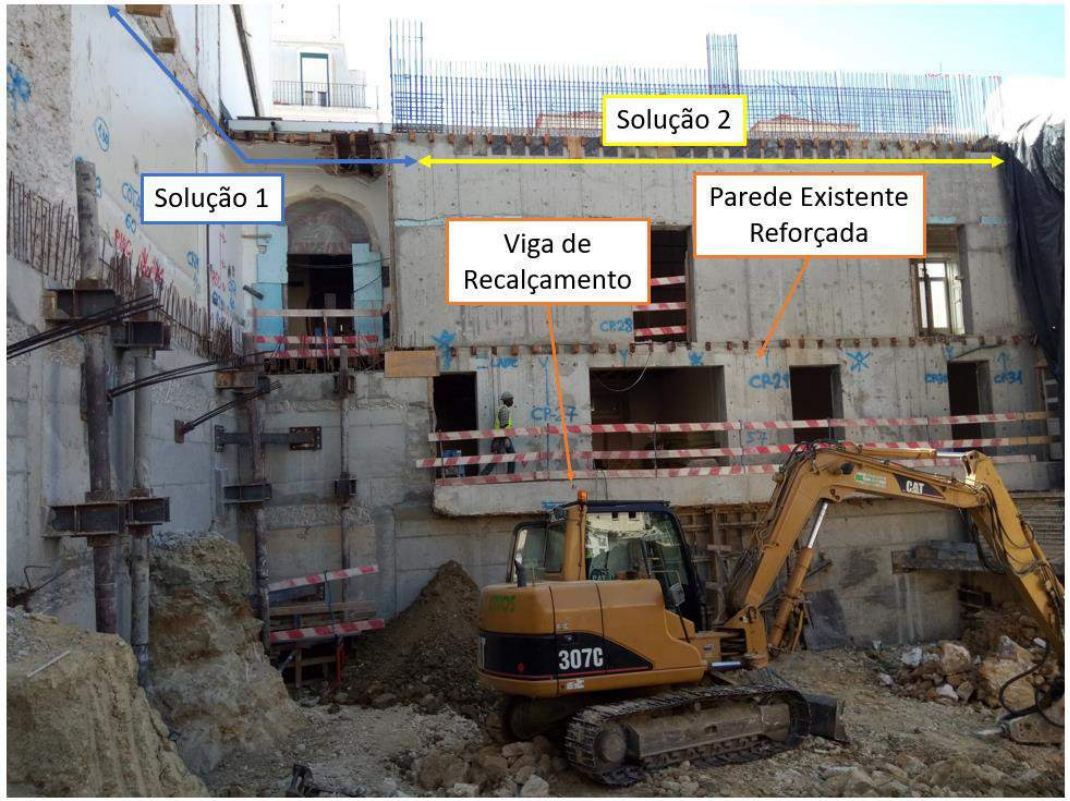
- Recalçamento de paredes existentes:
  - ✓ Viga de Recalçamento funcionamento excêntrico
  - ✓ Microestacas N80 ∅139,7x10mm com dupla função

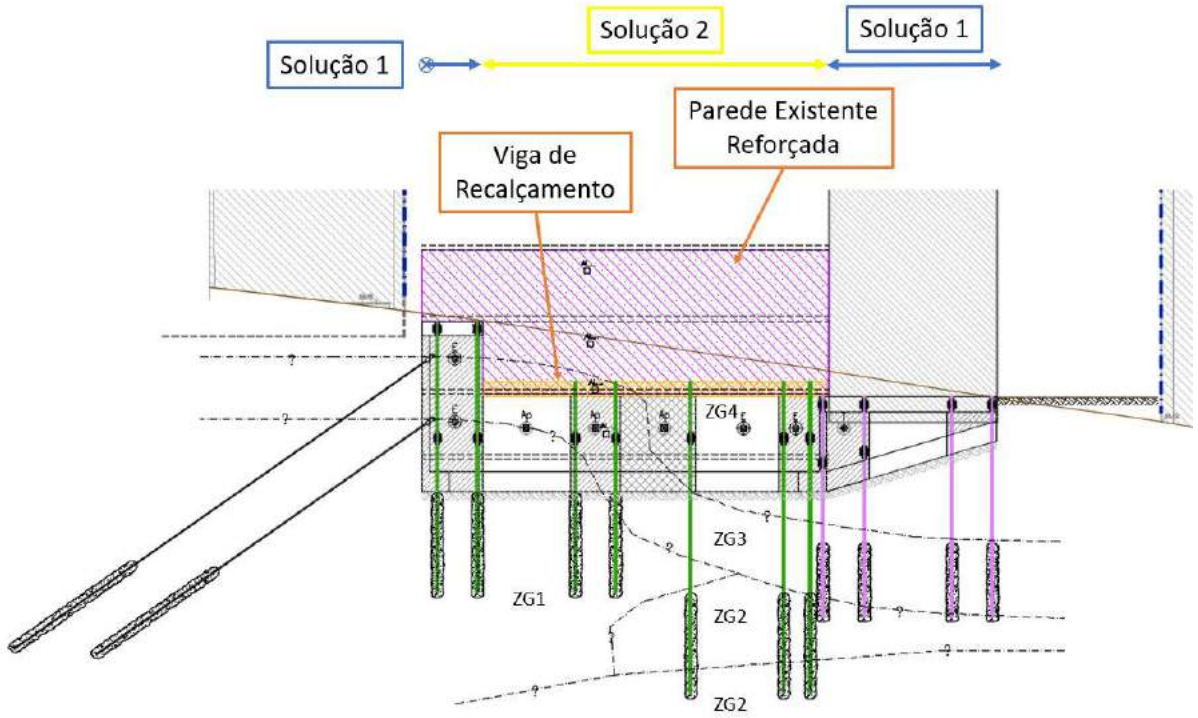




Solução de Escavação e Contenção

Solução 1 + Solução 2

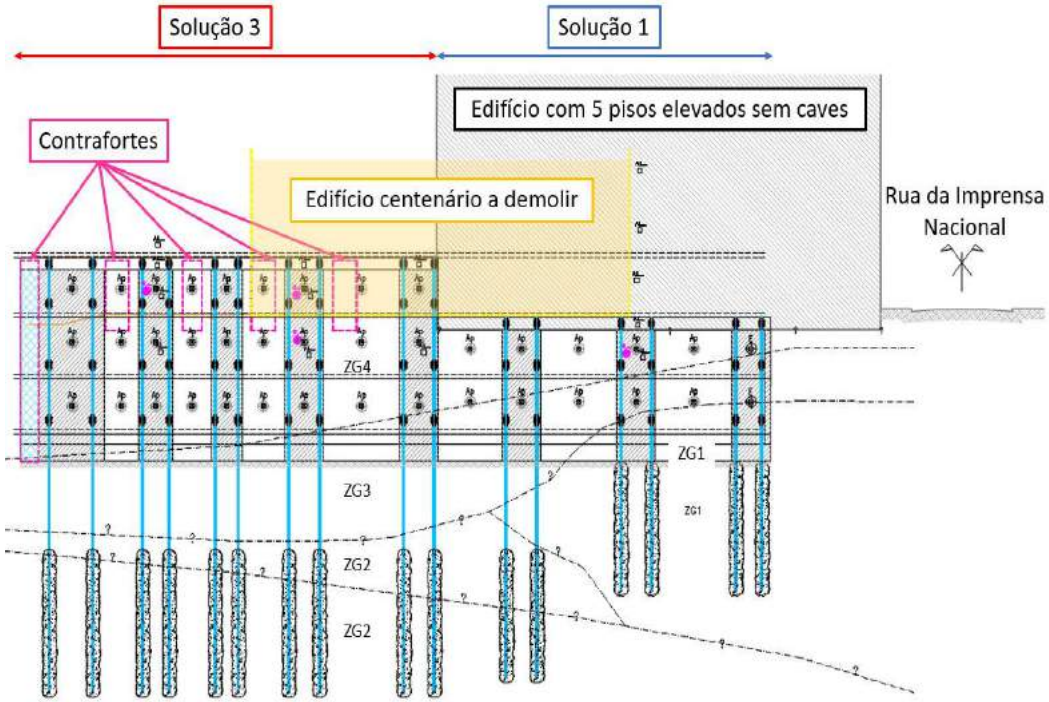


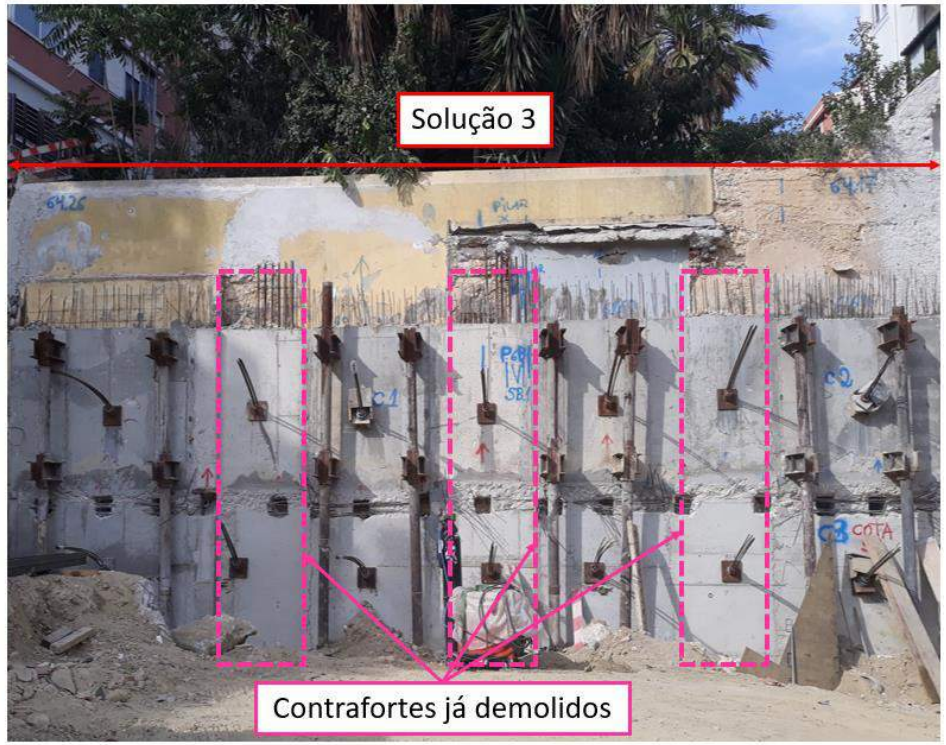


Solução de Escavação e Contenção

Solução 3 – Berlim Definitivo e demolição de contrafortes

- Parede 30cm
- Ancoragens:
  - ✓ 4 / 5 cordões de 0,60”
- Microestacas N80
  - ✓ ∅168,3x11mm

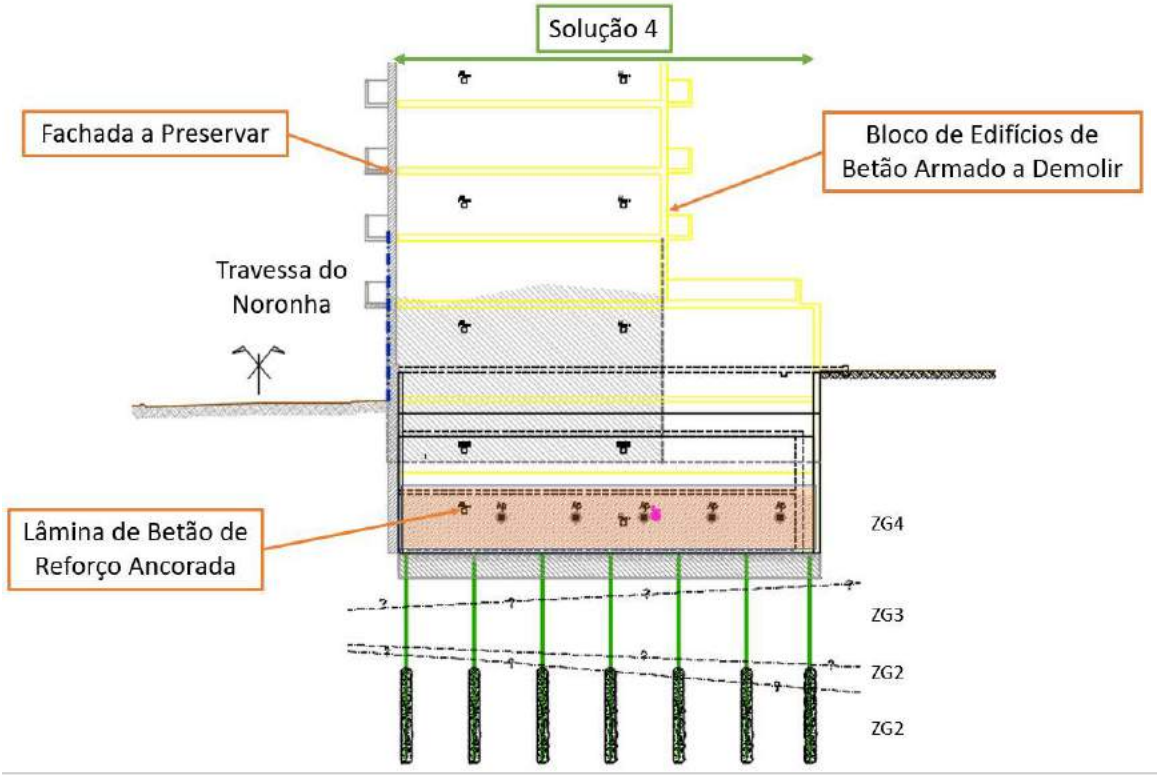


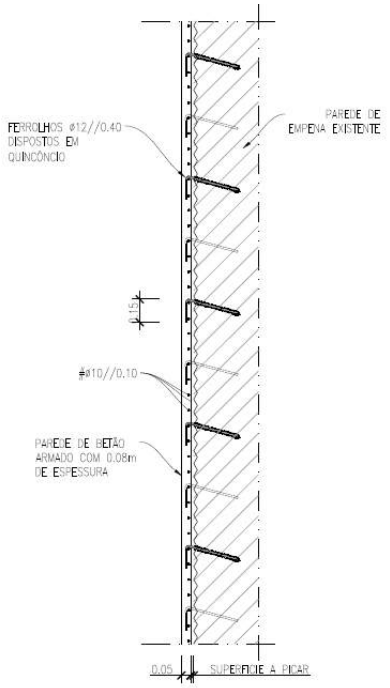


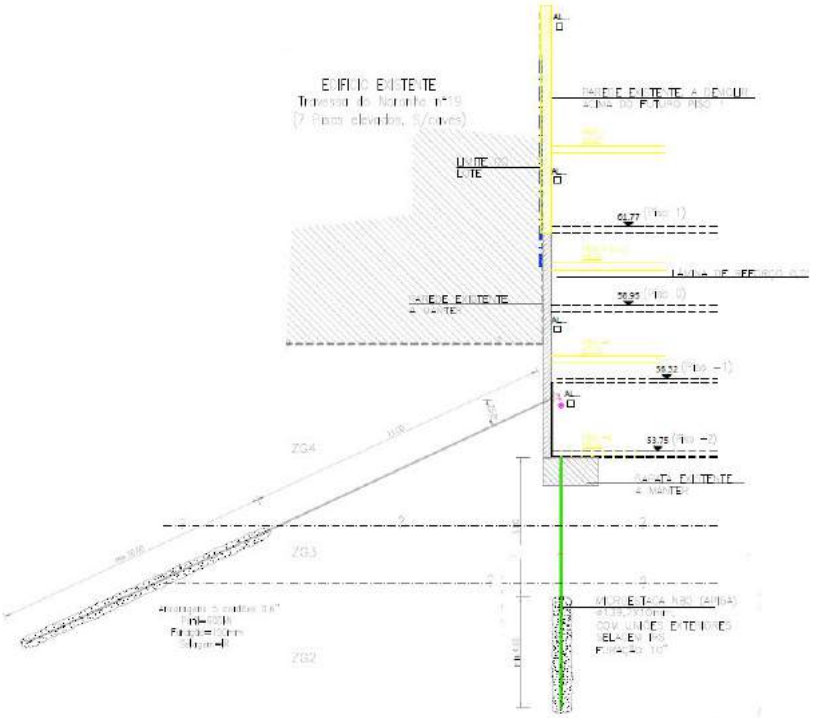
Solução de Escavação e Contenção

Solução 4 – Parede de reforço ancorada sob parede existente

- Parede 30cm
- Ancoragens:
  - ✓ 5 cordões de 0,60”
- Microestacas N80
  - ✓ ∅139,7x10mm

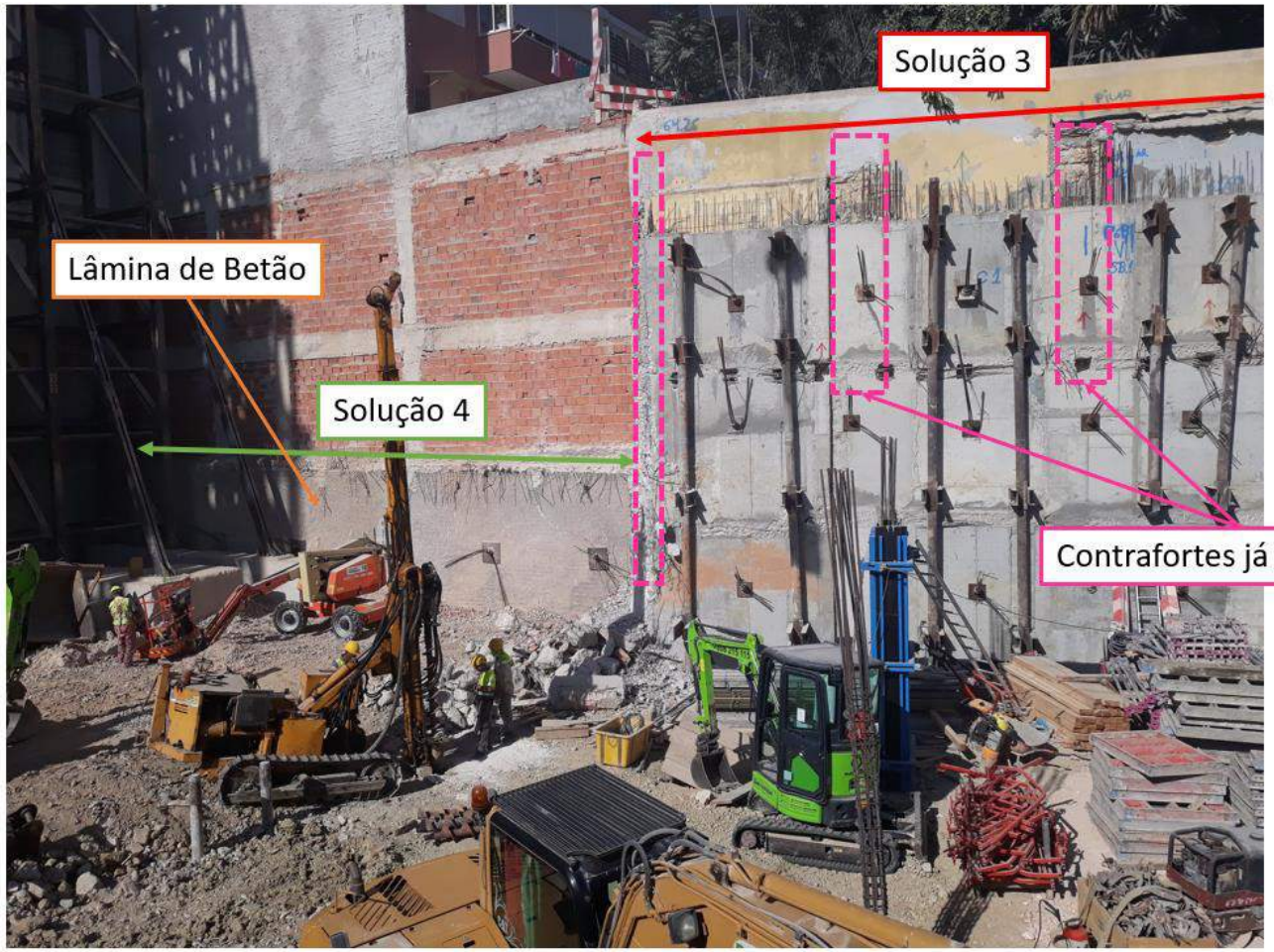






Solução de Escavação e Contenção

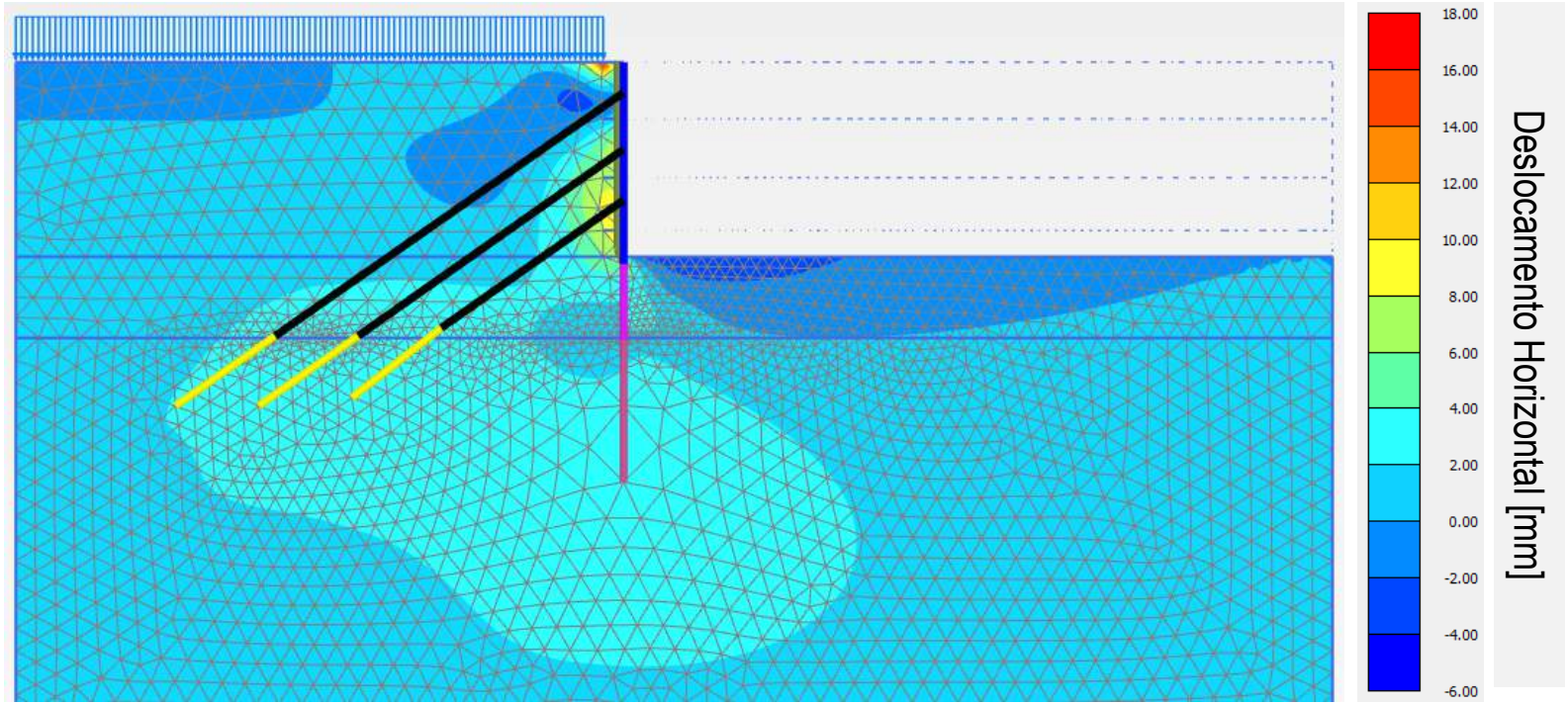
Solução 3 + Solução 4



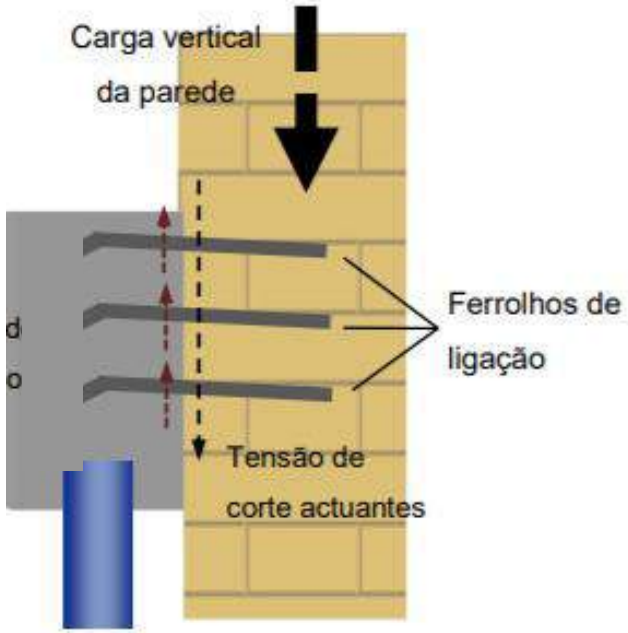
Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- **DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica e Dimensionamento



- ✓ Modelos bidimensionais
- ✓ Software Plaxis 2D
- ✓ Estimativa de esforços e de deformações
- ✓ Modelação do faseamento construtivo

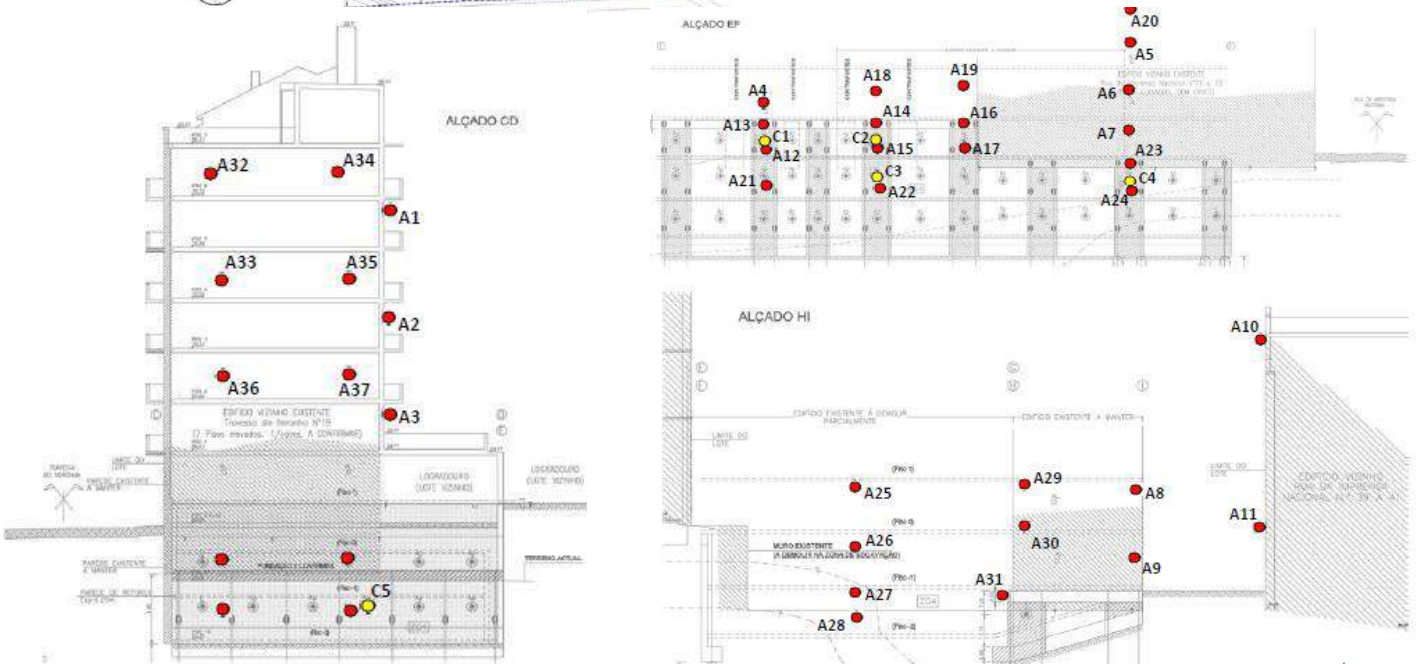


- ✓ Modelos analíticos

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação



- 37 alvos topográficos
- 5 células de carga

OBJETIVO

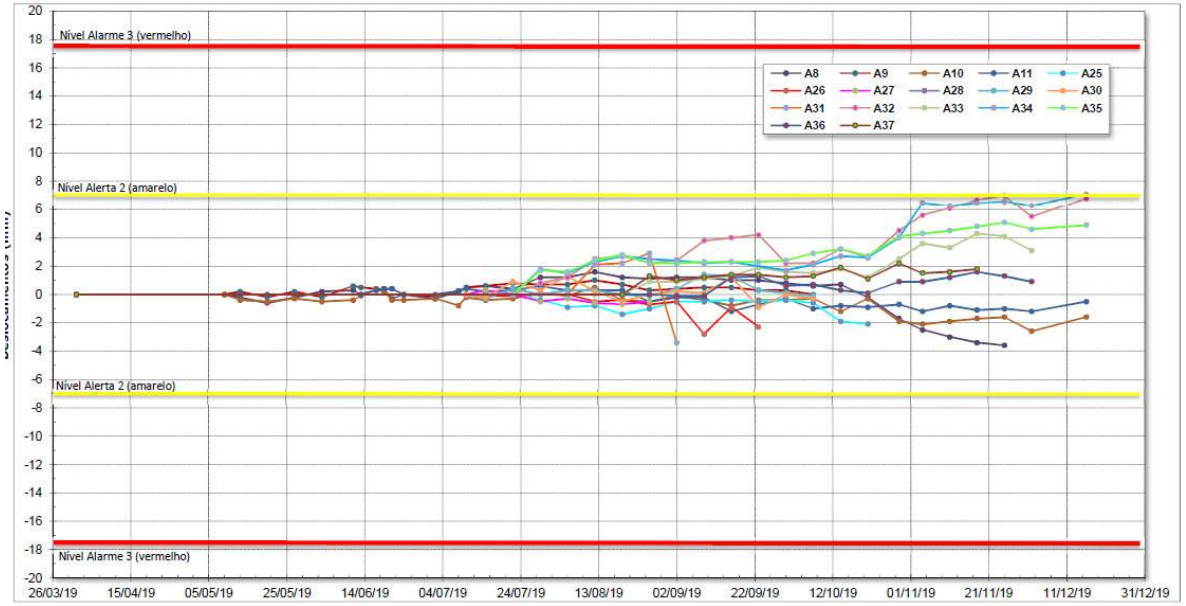
- ✓ Validação do comportamento das infraestruturas vizinhas
- ✓ Validação do comportamento das estruturas de contenção
- ✓ Validação atempada dos pressupostos assumidos em fase de projeto

Gestão do risco

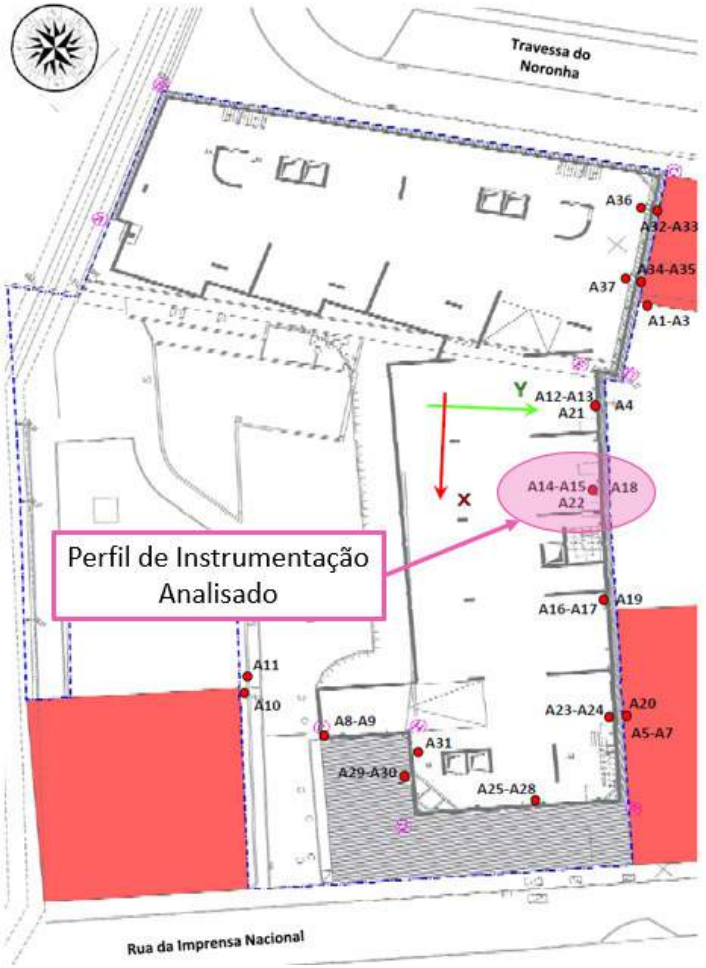
Implementação atempada de medidas de reforço

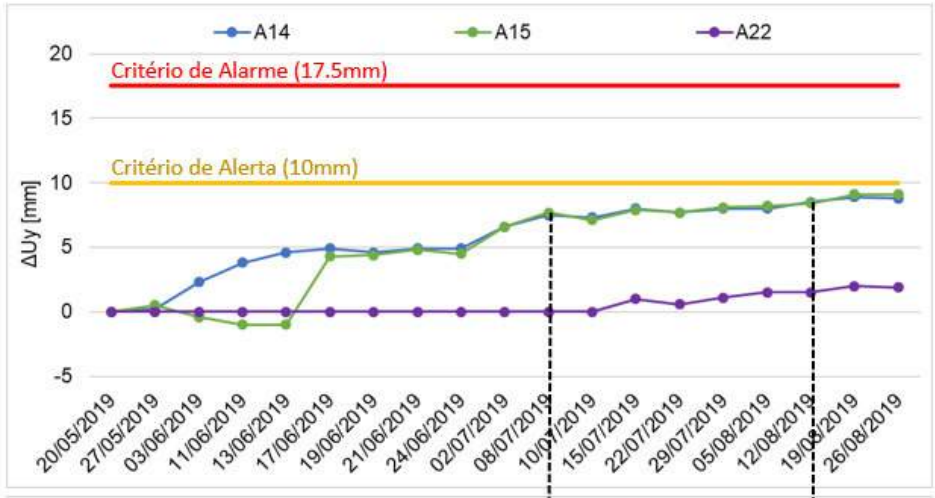
Plano de Instrumentação e Observação

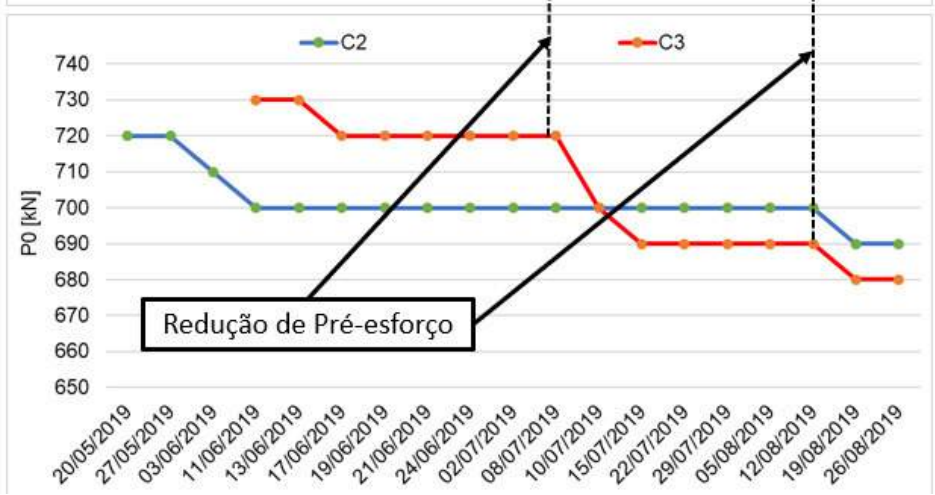
ALVOS TOPOGRÁFICOS



Plano de Instrumentação e Observação



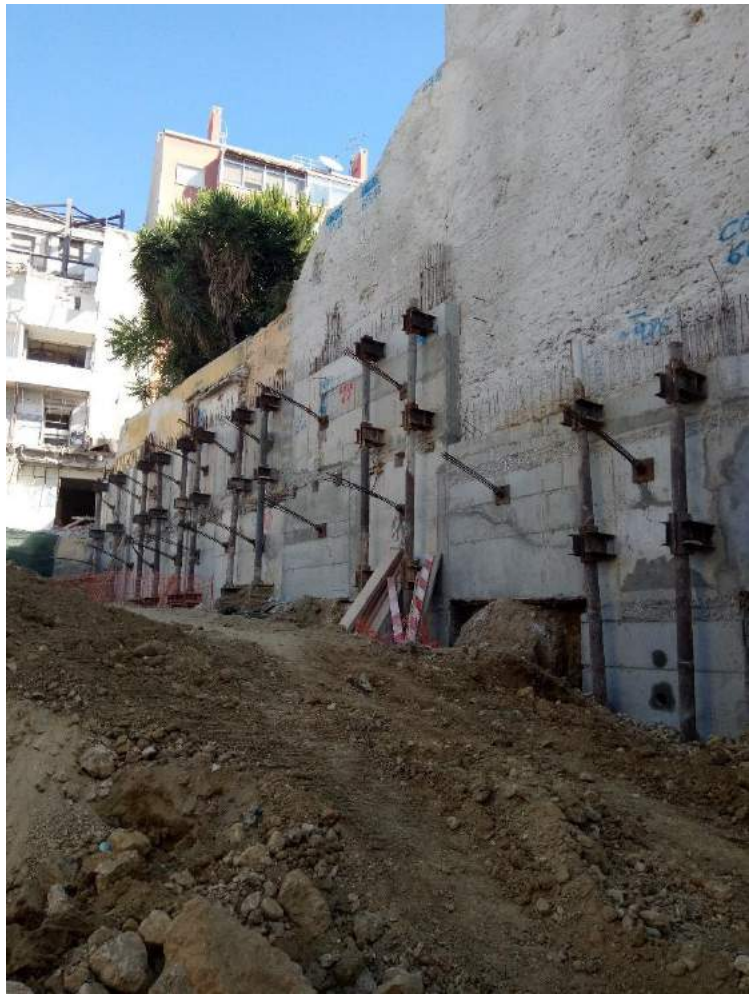




Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais



Considerações Finais

Considerações Finais

Importância da avaliação prévia das **Condicionantes Locais**

FASE DE PROJETO

Importância da realização de um **Estudo Geológico Geotécnico**

FASE DE OBRA

Versatilidade e **Adaptabilidade** da solução adotada

Importância do **Plano de Instrumentação de Observação**

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA EM MEIO URBANO PARA A CONSTRUÇÃO DO PARQUE DE ESTACIONAMENTO SUBTERRÂNEO DO ARCO DO CEGO, EM LISBOA

FARTARIA, Catarina
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA EM MEIO URBANO PARA A CONSTRUÇÃO DO PARQUE DE ESTACIONAMENTO SUBTERRÂNEO DO ARCO DO CEGO, EM LISBOA

Pinto, Alexandre, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com*
Fartaria, Catarina, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, cfartaria@jetsj.com*
Gondar, João
Norberto, Joana
Almeida, Marco, Alves Ribeiro, Lisboa, Portugal, *marco.almeida@alvesribeiro.pt*

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

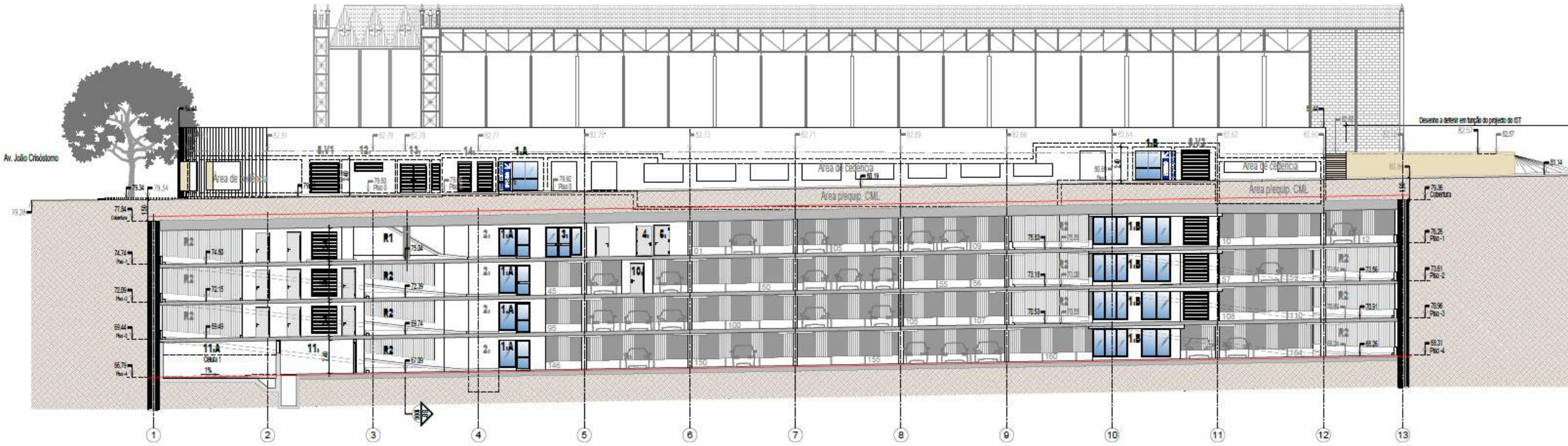
Introdução

Parque de Estacionamento

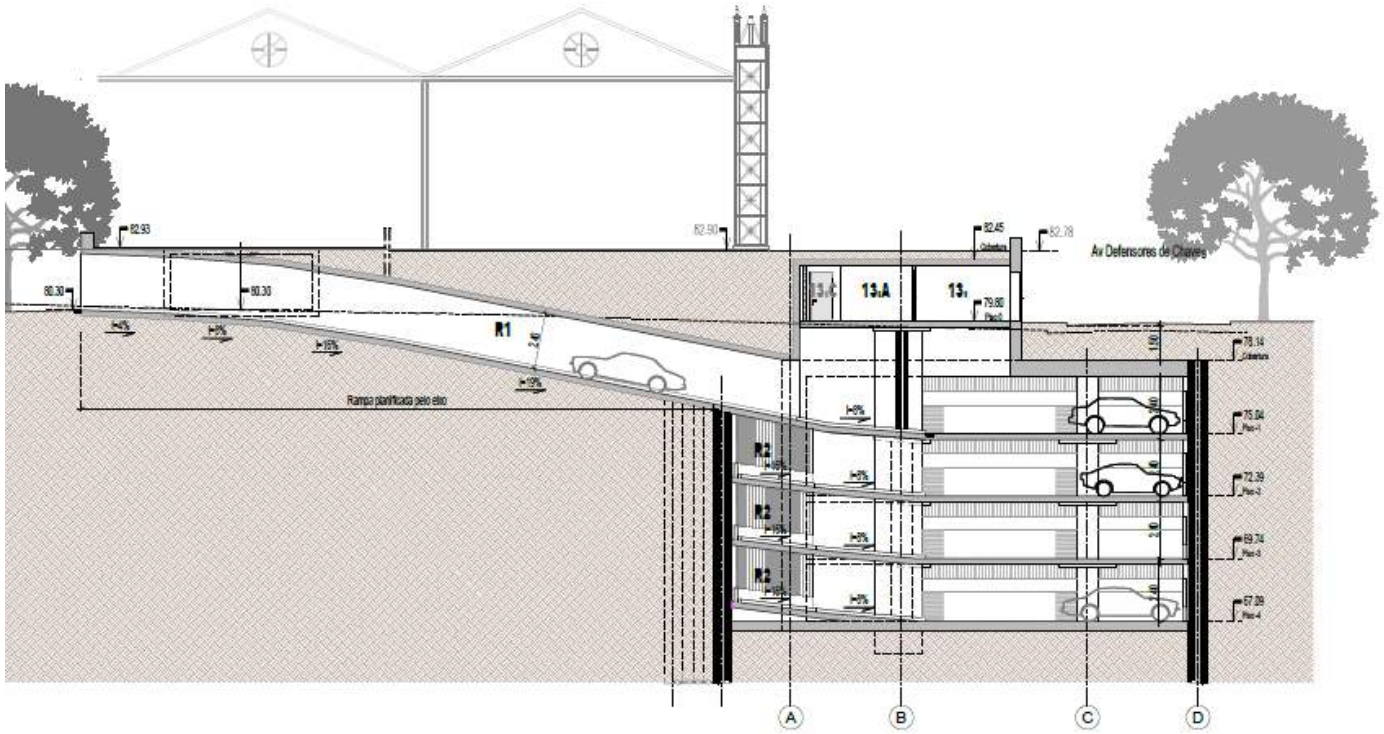
- ✓ Área de implantação 2200m2
- ✓ 4 pisos enterrados
- ✓ 194 lugares de estacionamento

Introdução

JET SJ
THE GROUND IS OUR CHALLENGE


Av. João Crisóstomo
Area de cadencia
Area de cadencia
Area plequip. CML
Area plequip. CML
Desenho a detenir em função do projecto do IST
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

Introdução



Parque de Estacionamento

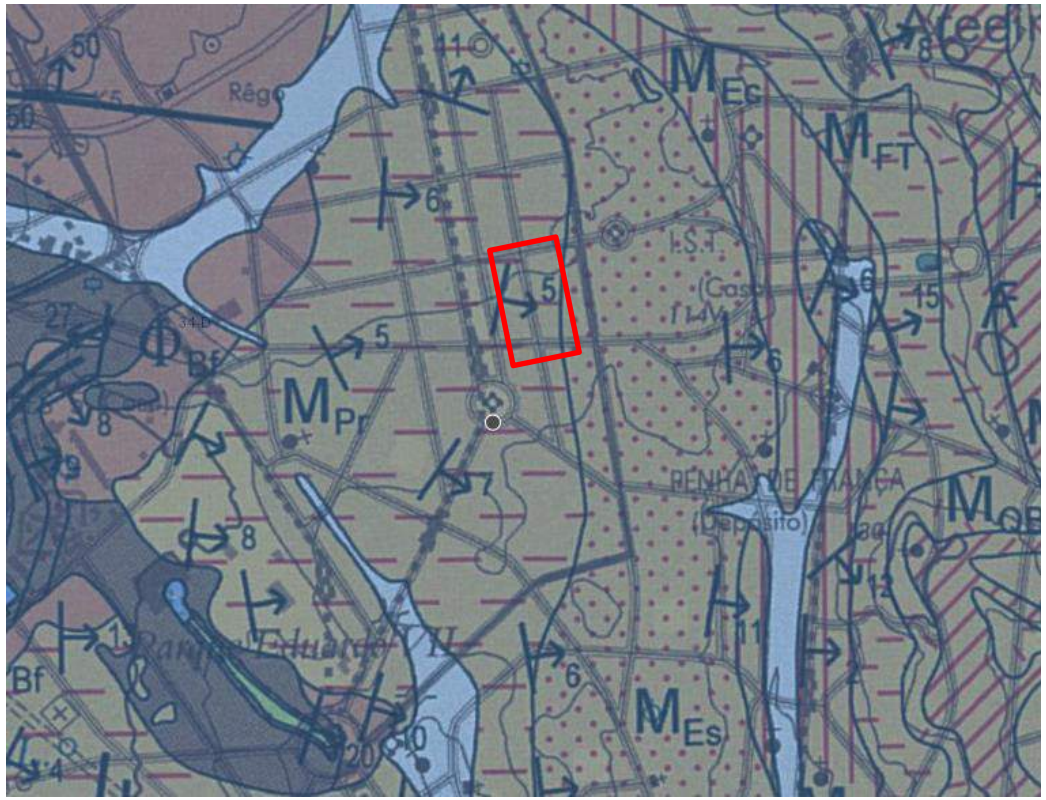
- ✓ Área de implantação 2.200m^2
- ✓ 4 pisos enterrados
- ✓ 194 lugares de estacionamento

Índice

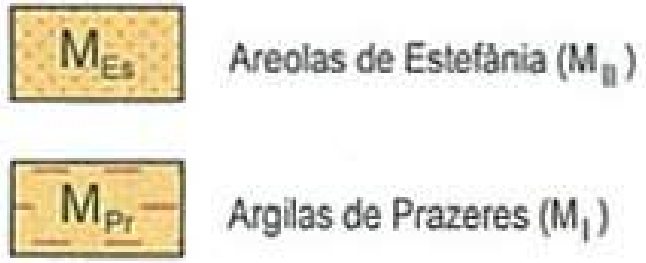
- INTRODUÇÃO
- **CONDICIONANTES**
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos



Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 34D - Lisboa

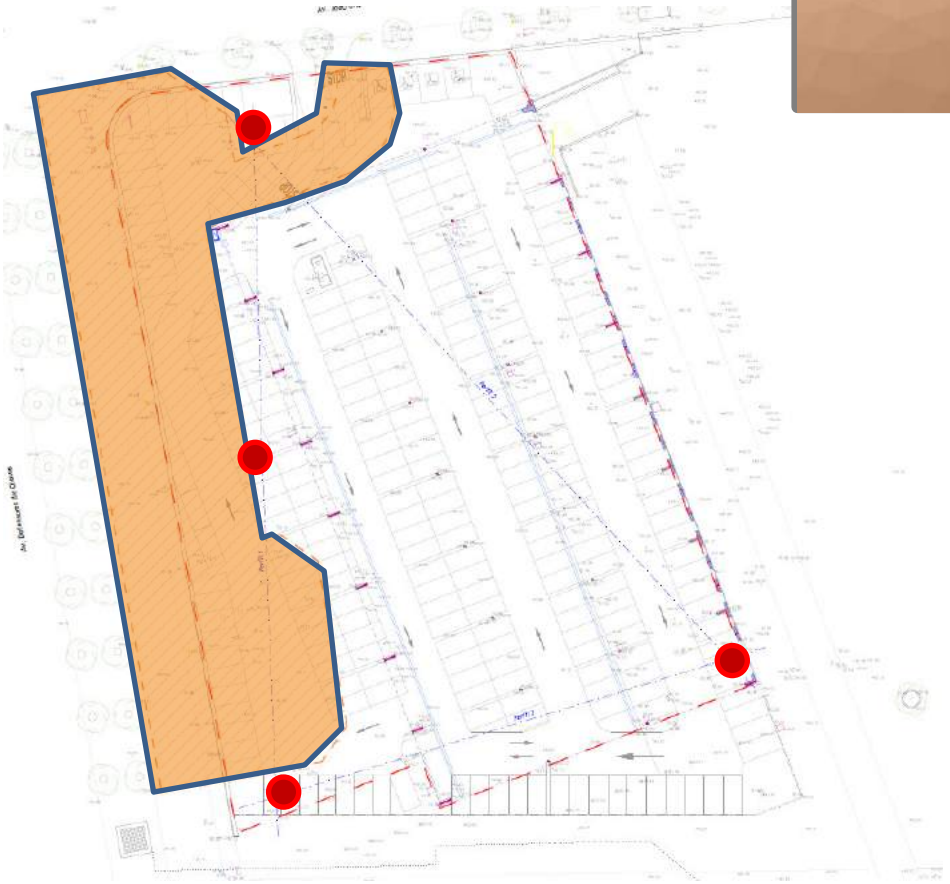


Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

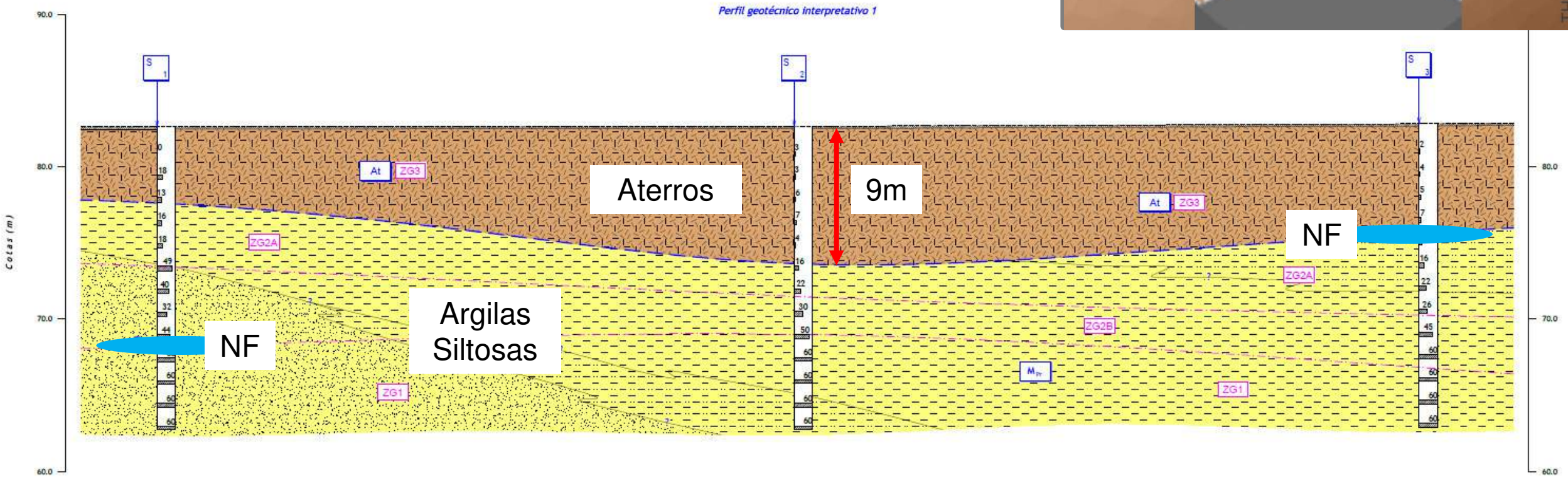
Campanha de Prospeção

- ✓ Ensaios SPT em furos de sondagens
- ✓ Instalação de piezómetros em furos de sondagens
- ✓ Poços de prospeção das fundações do edifício da Gare
- ✓ Ensaios laboratoriais



Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos



Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Parametrização Geomecânica

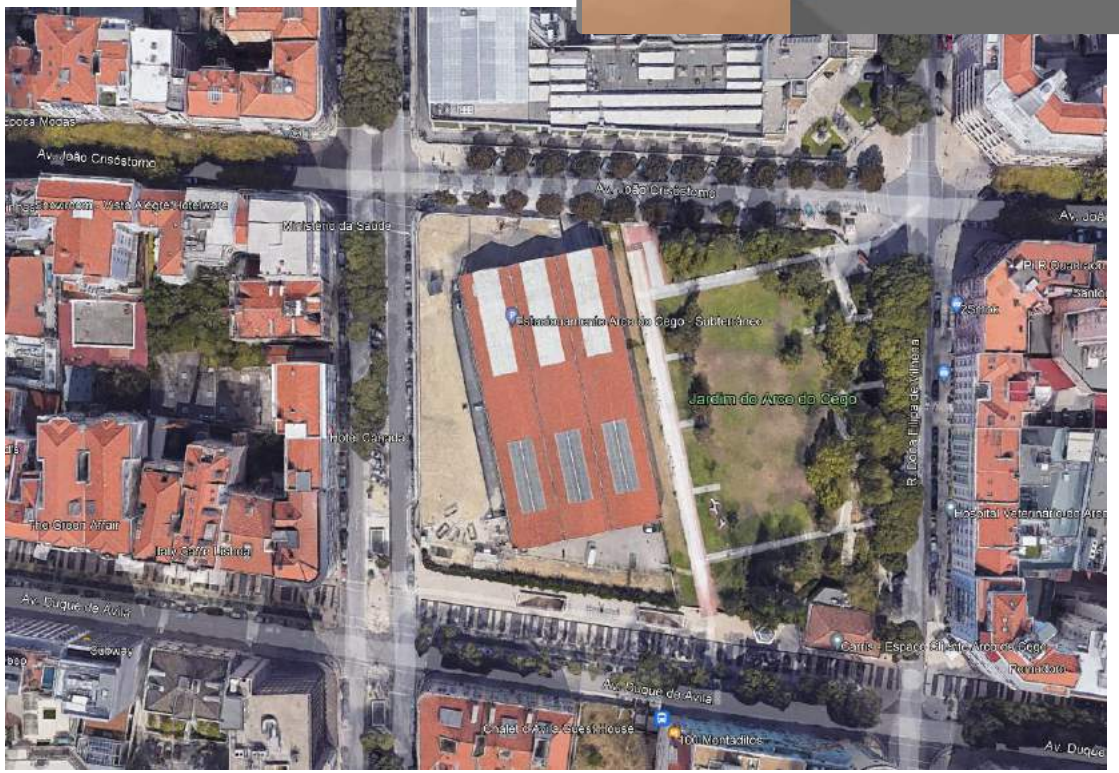
- ✓ Ensaios SPT
- ✓ Ensaios Laboratoriais
- ✓ Correlações

Zona geotécnica	Formação	γ (kN/m3)	ϕ' (º)	c' (kPa)	Es [MPa]
ZG3	Aterros	18	24	0	5
ZG2A	Argilas Siltosas e silto margosas, por vezes com intercalações silto arenosas	19	32	5	10
ZG2B		20	34	10	20
ZG1		20	36	20	50

Condicionantes

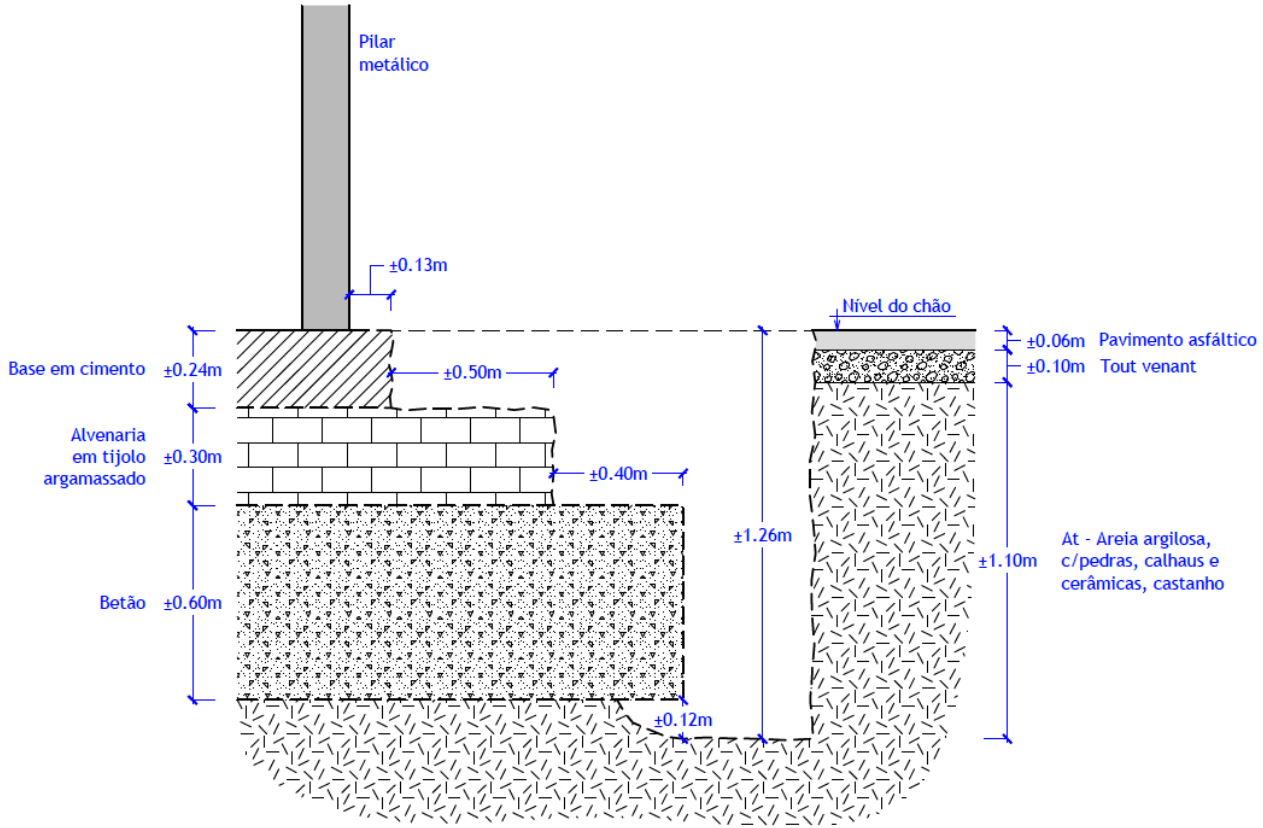
- Condicionamentos de Vizinhança
  - Sul: Avenida Duque de Ávila / Linha Vermelha do ML
  - Poente: Avenida Defensores de Chaves
  - Norte: Avenida João Crisóstomo
  - Sul: Gare do Arco do Cego

    (futuro edifício Innovation Center do IST



Condicionantes

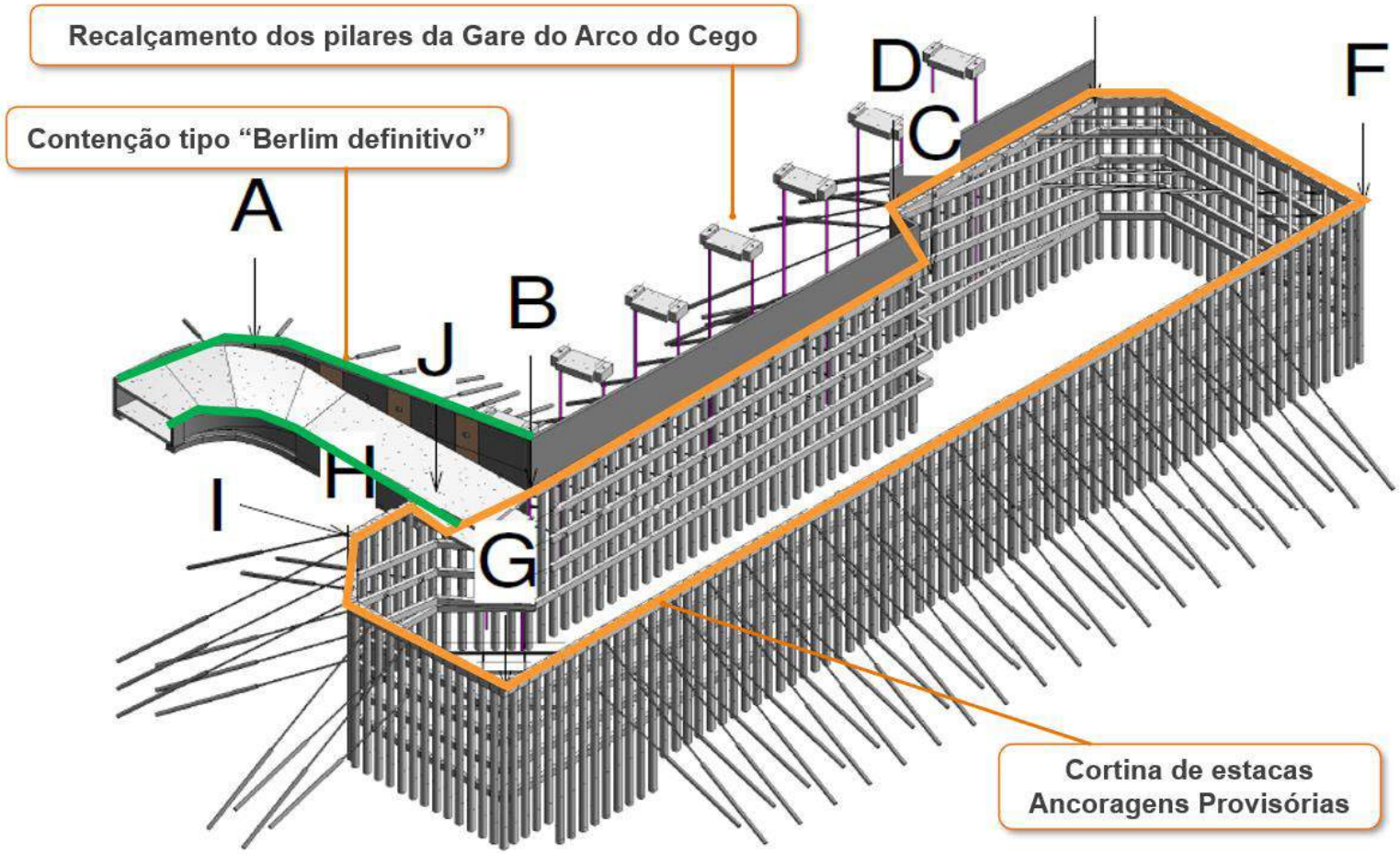
- Condicionamentos de Vizinhança



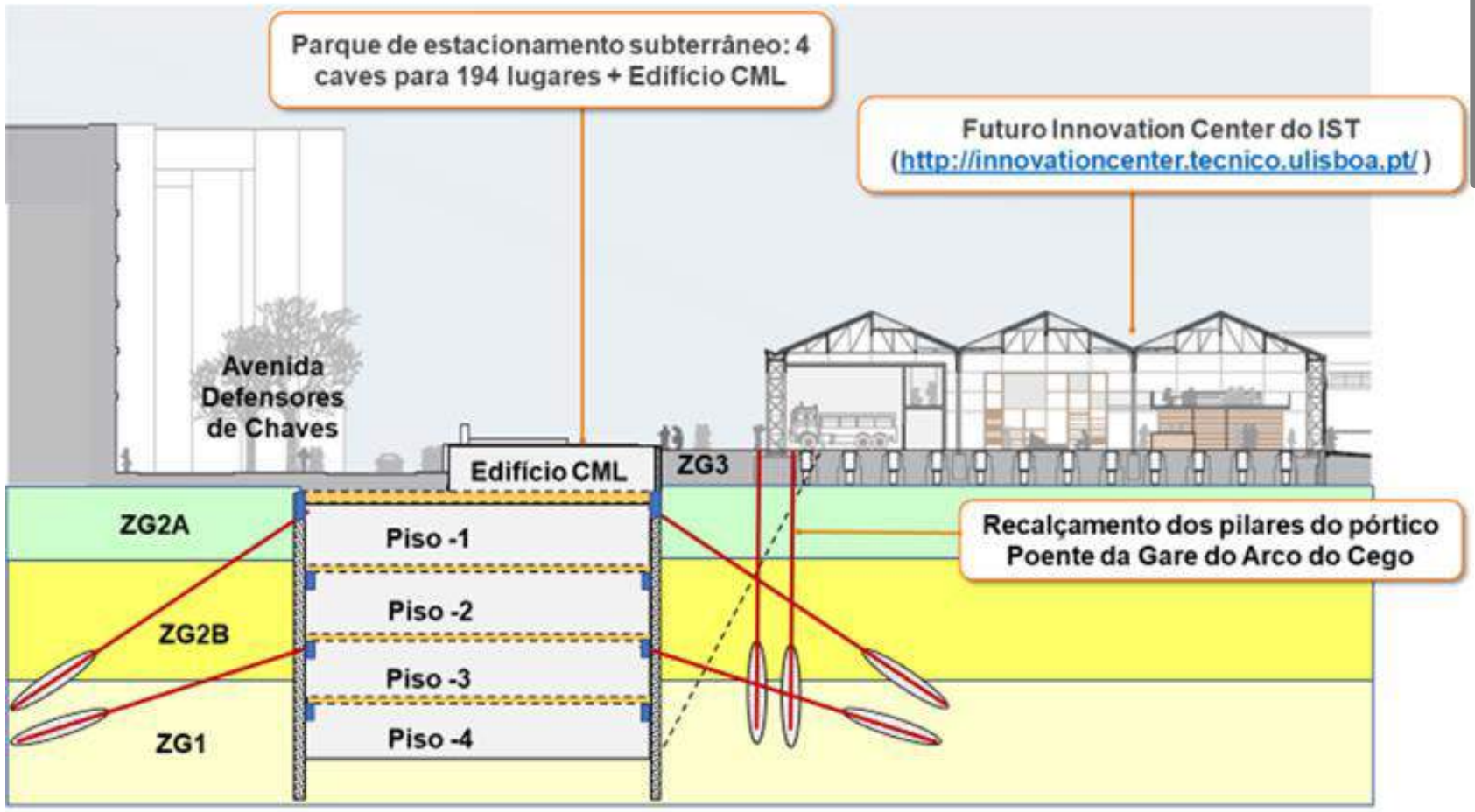
Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- **SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO**
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Solução de Escavação e Contenção



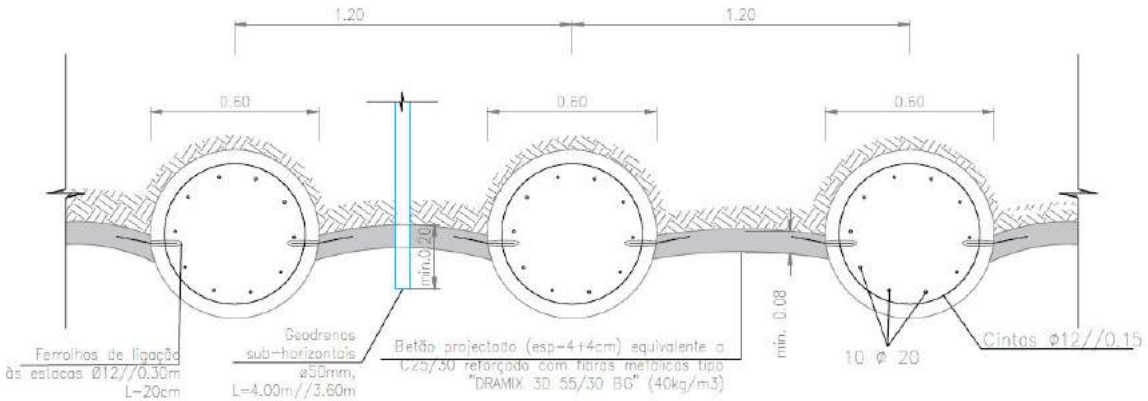
Solução de Escavação e Contenção



Solução de Escavação e Contenção

Estrutura de Contenção Geral

- ✓ Φ600mm // 1,20m
- ✓ Betão projetado armado com fibras metálicas
- ✓ Geodrenos sub-horizontais
- ✓ Ancoragens Provisórias



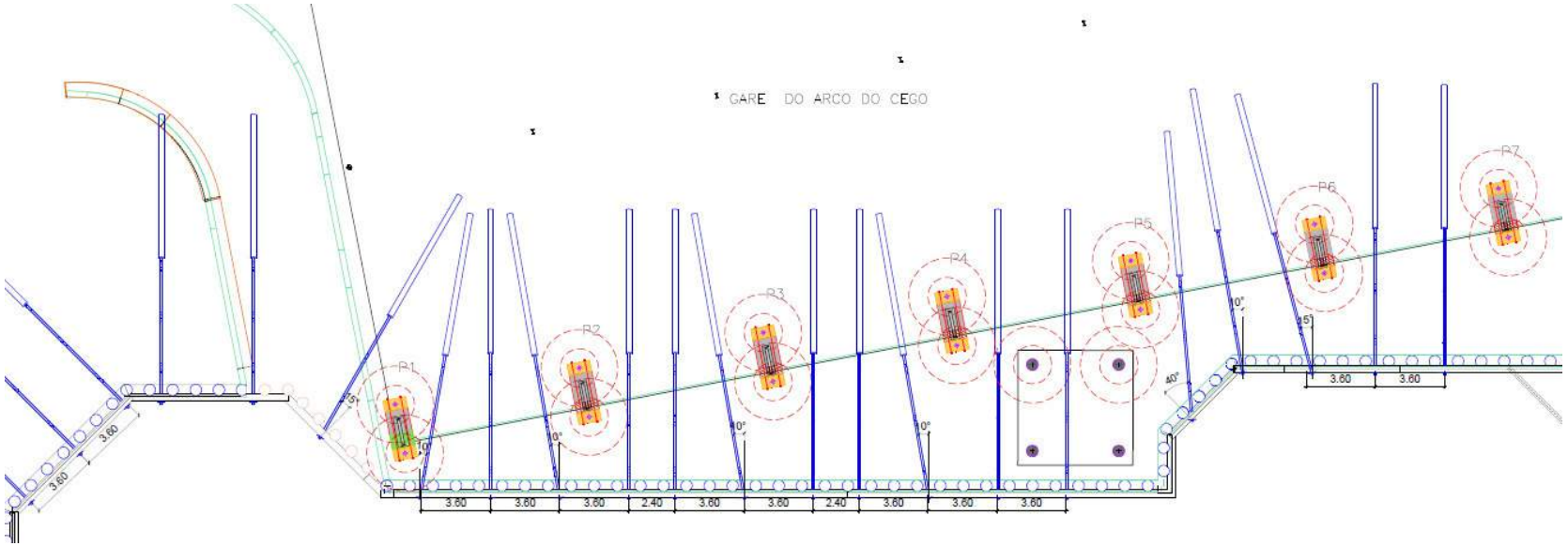
Estrutura de Contenção Zona da Rampa

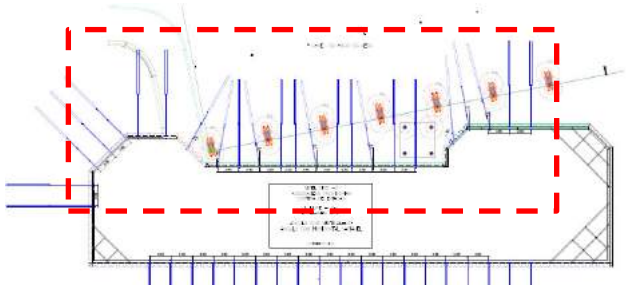
- ✓ Berlim Definitivo
- ✓ Travamento por escoras metálicas

Solução de Escavação e Contenção

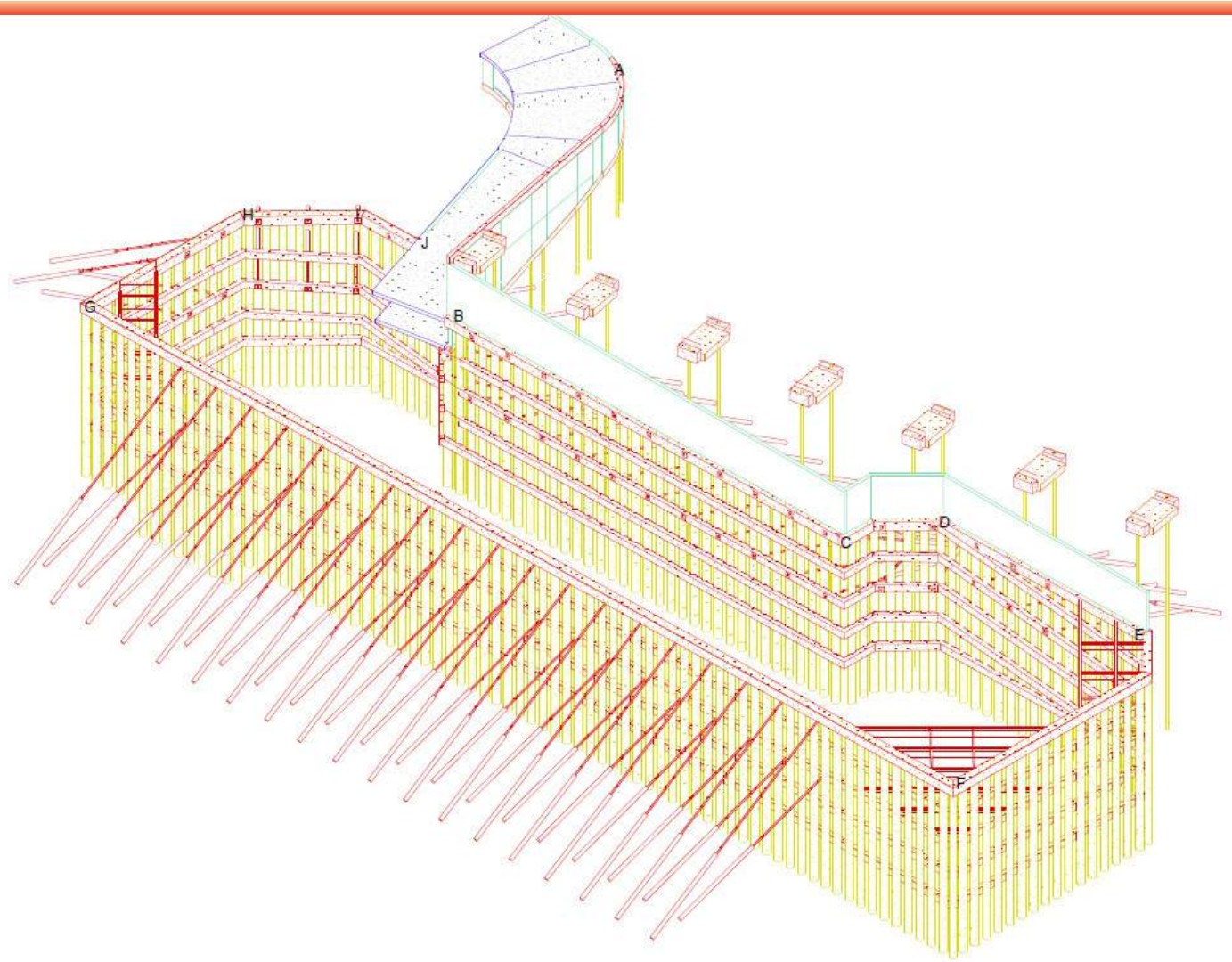
Recalçamento dos Pilares da Gare

- ✓ Maciços de Recalçamento em betão armado
- ✓ Microestacas de Recalçamento
- ✓ Necessidade de compatibilização com as ancoragens da estrutura de contenção



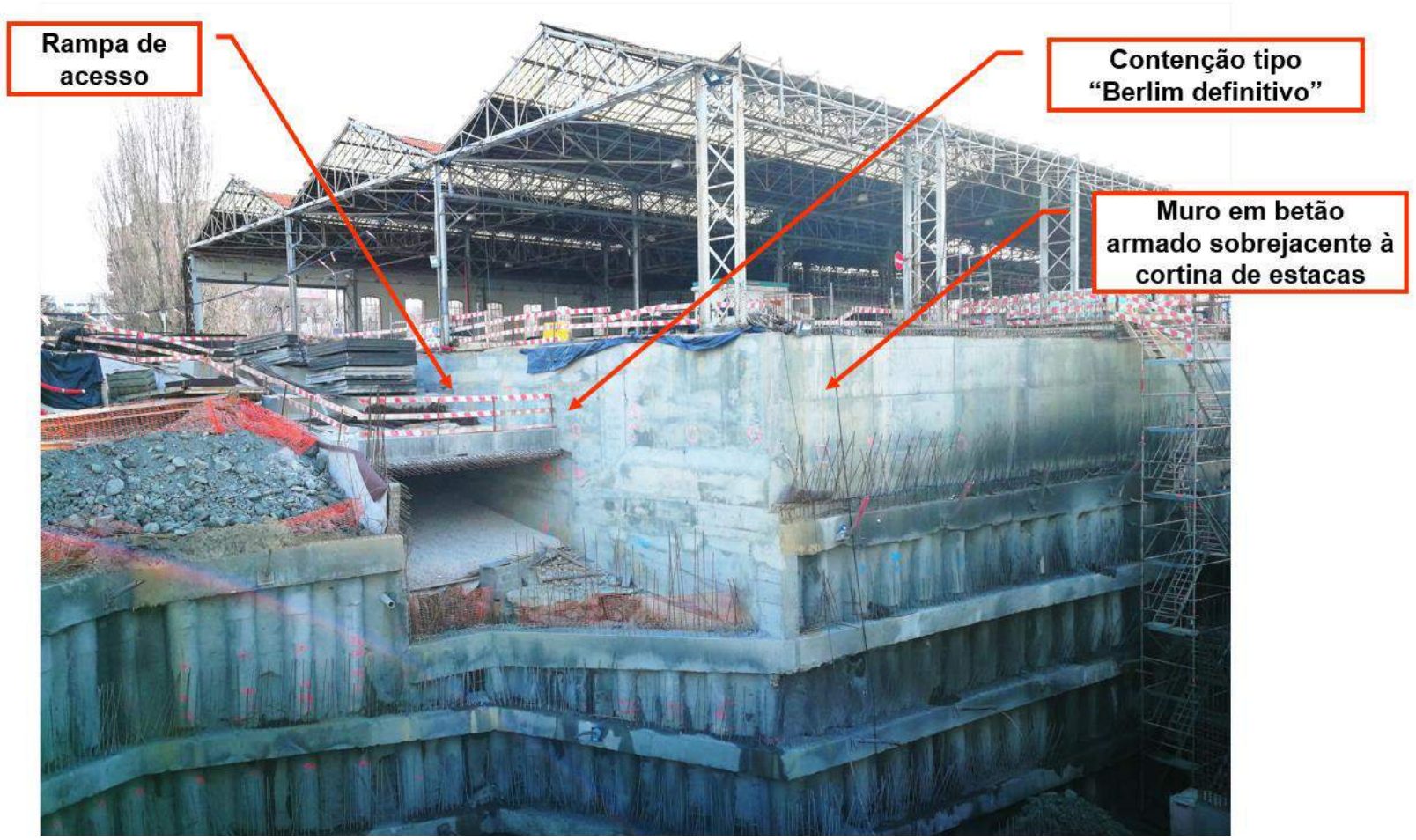


Solução de Escavação e Contenção

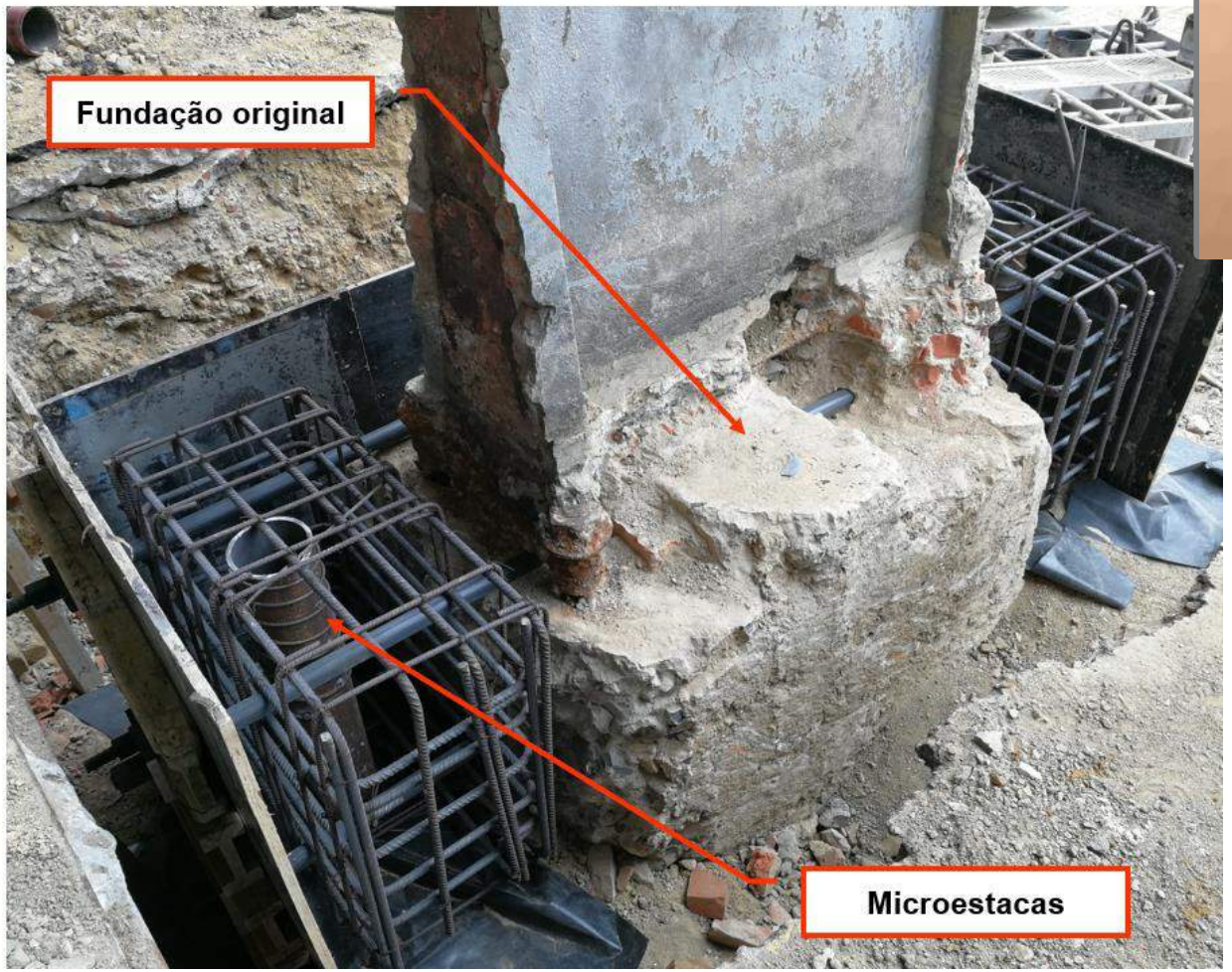


Modelação Tridimensional
Software Revit

Solução de Escavação e Contenção



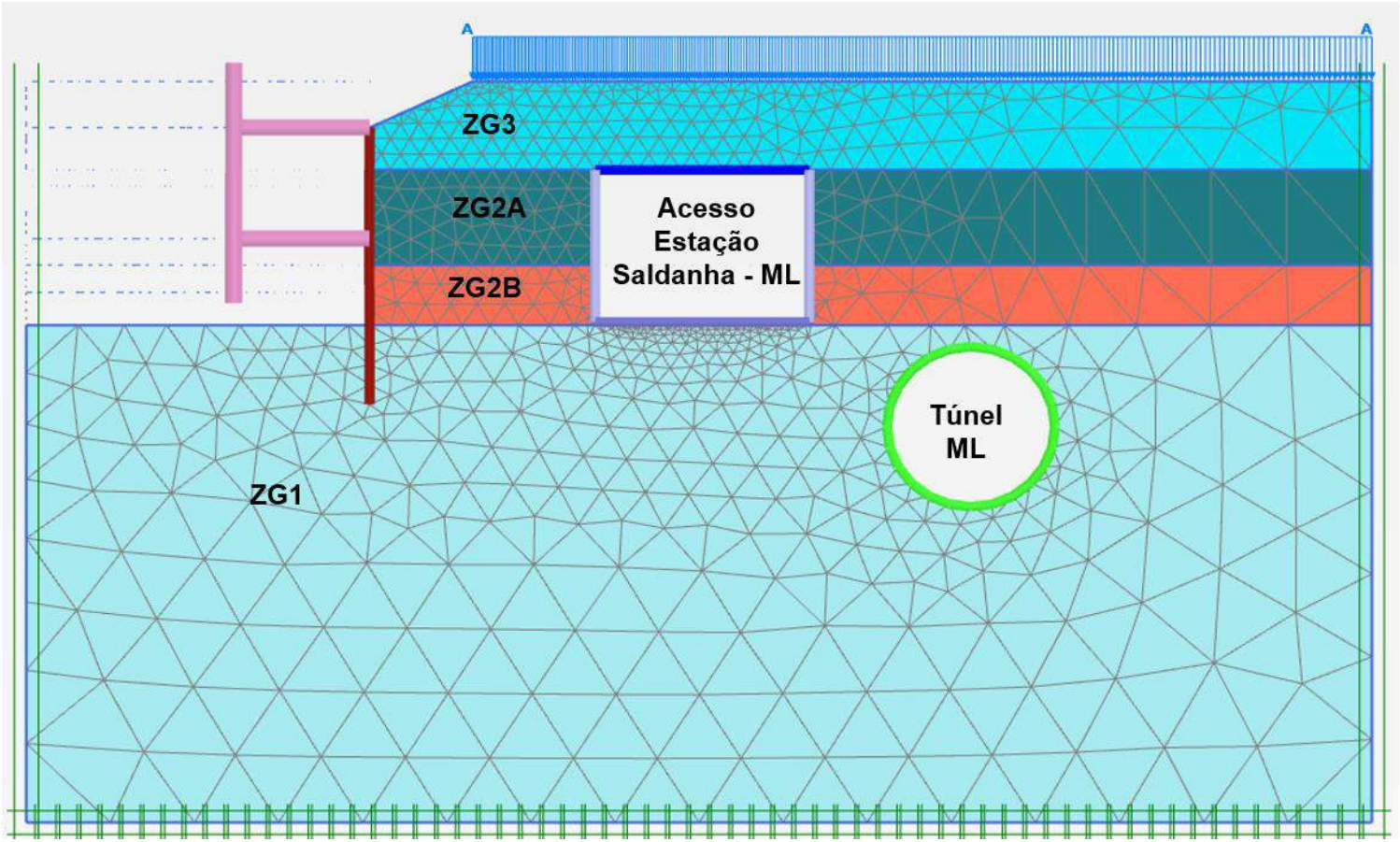
Solução de Escavação e Contenção



Índice

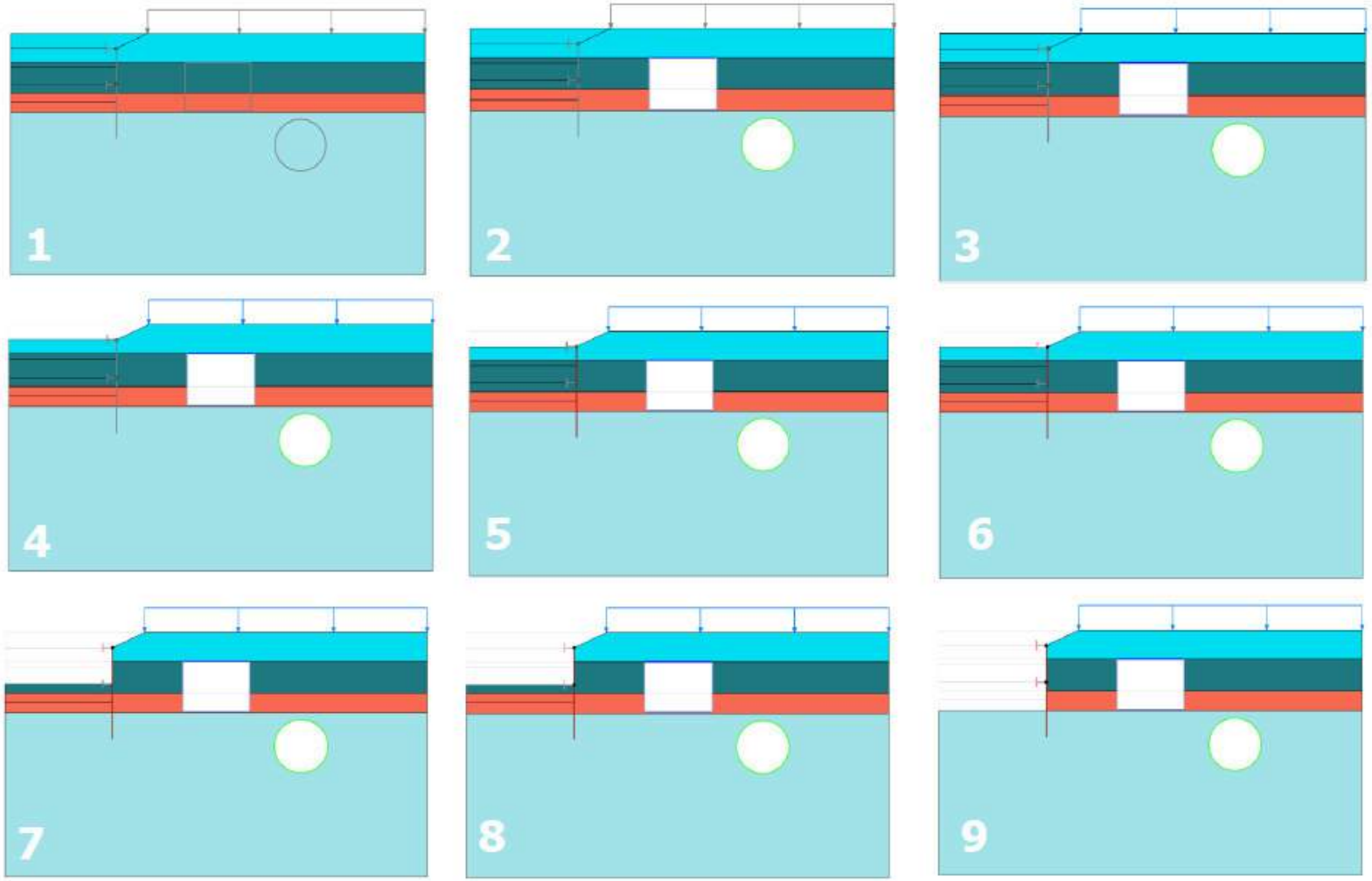
- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- **ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica e Dimensionamento



- ✓ Modelos bidimensionais
- ✓ Software Plaxis 2D
- ✓ Estimativa de esforços e deformações
- ✓ Modelação do faseamento construtivo

Análise Numérica e Dimensionamento



- ✓ Modelação do faseamento construtivo

Análise Numérica e Dimensionamento

Verificações de Estado Limite Último

Cortina de estacas em betão armado:

- ✓ Flexão
- ✓ Esforço Transverso
- ✓ Capacidade de Carga do Terreno

Ancoragens provisórias:

- ✓ Seção aço – Esforço Axial de Tração
- ✓ Selagem – Capacidade de Carga do Terreno

Vigas de coroamento e de distribuição:

- ✓ Flexão
- ✓ Esforço Transverso

Escoras de canto provisórias:

- ✓ Encurvadura por esforço axial

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação

Dispositivos de Instrumentação

Inclinómetro

Alvo Topográfico

Célula de Carga

Piezómetro

OBJETIVO

- ✓ Avaliar o comportamento dos edifícios vizinhos
- ✓ Avaliar o comportamento das estruturas de contenção e muros de suporte
- ✓ Validação dos pressupostos assumidos em fase de projeto

Gestão do risco

Implementação atempada de medidas de reforço

Plano de Instrumentação e Observação

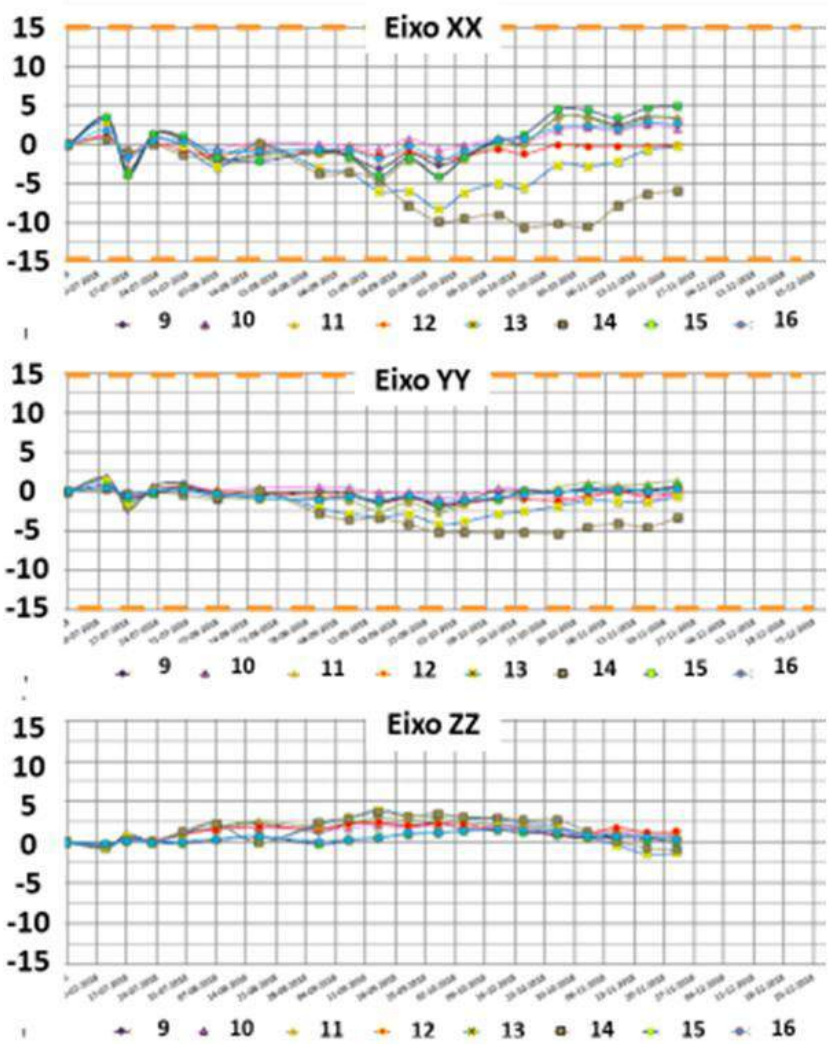
<u>Dispositivos de Instrumentação:</u>

50 alvos topográficos

4 inclinómetros

4 células de carga

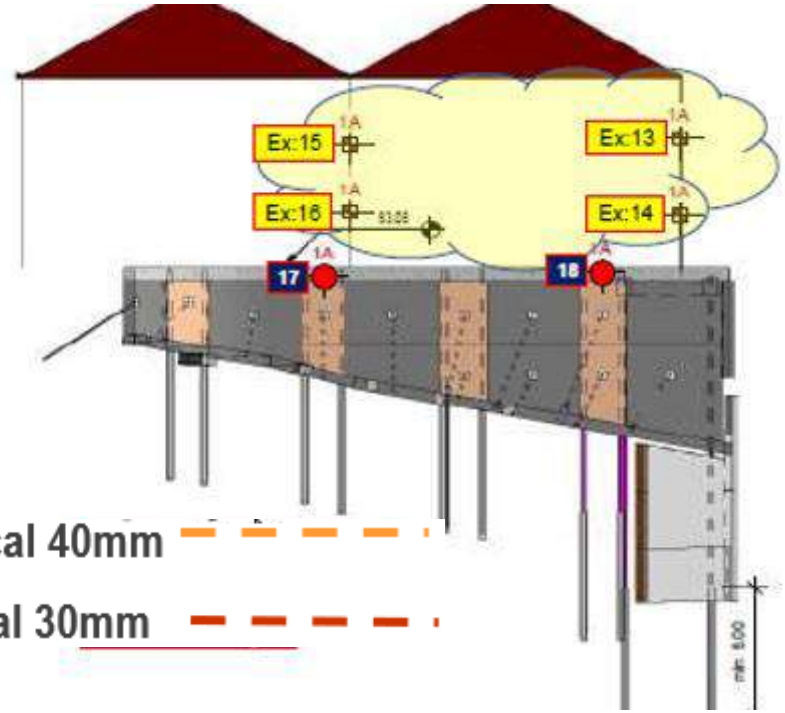
Plano de Instrumentação e Observação



- ✓ Monitorização do Edifício da Gare

Alvos Topográficos

- ✓ Deslocamentos inferiores ao critério de alerta

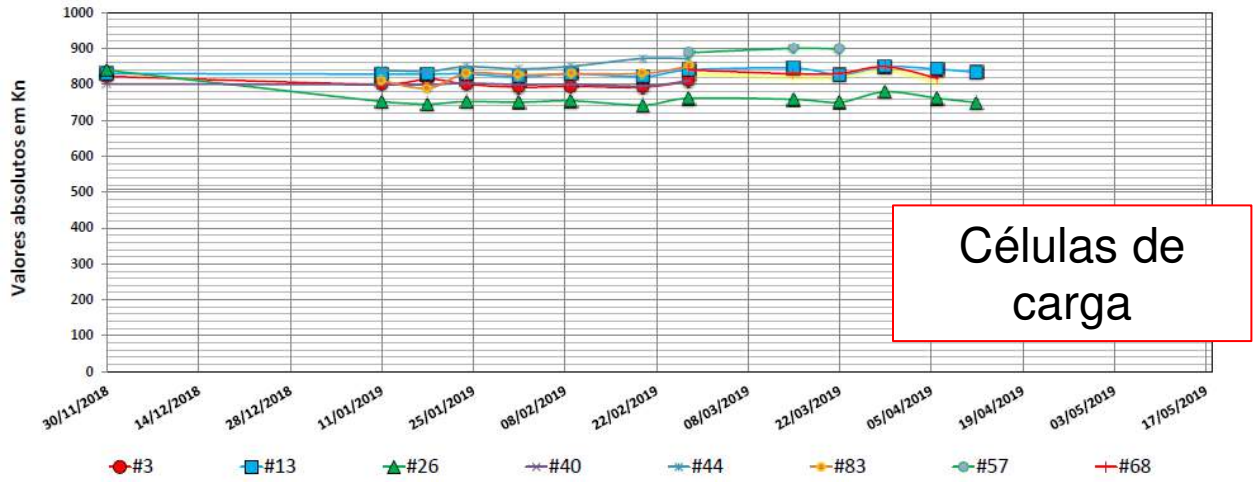


ALARME – δ horizontal **20mm**; δ vertical **40mm**

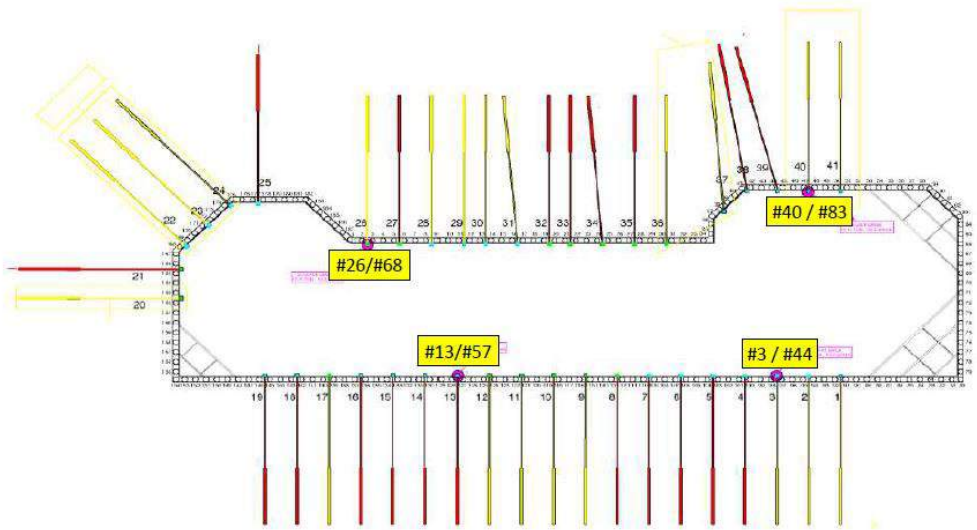
ALERTA – δ horizontal **15mm**; δ vertical **30mm**

Plano de Instrumentação e Observação

✓ Monitorização da Estrutura de Contenção



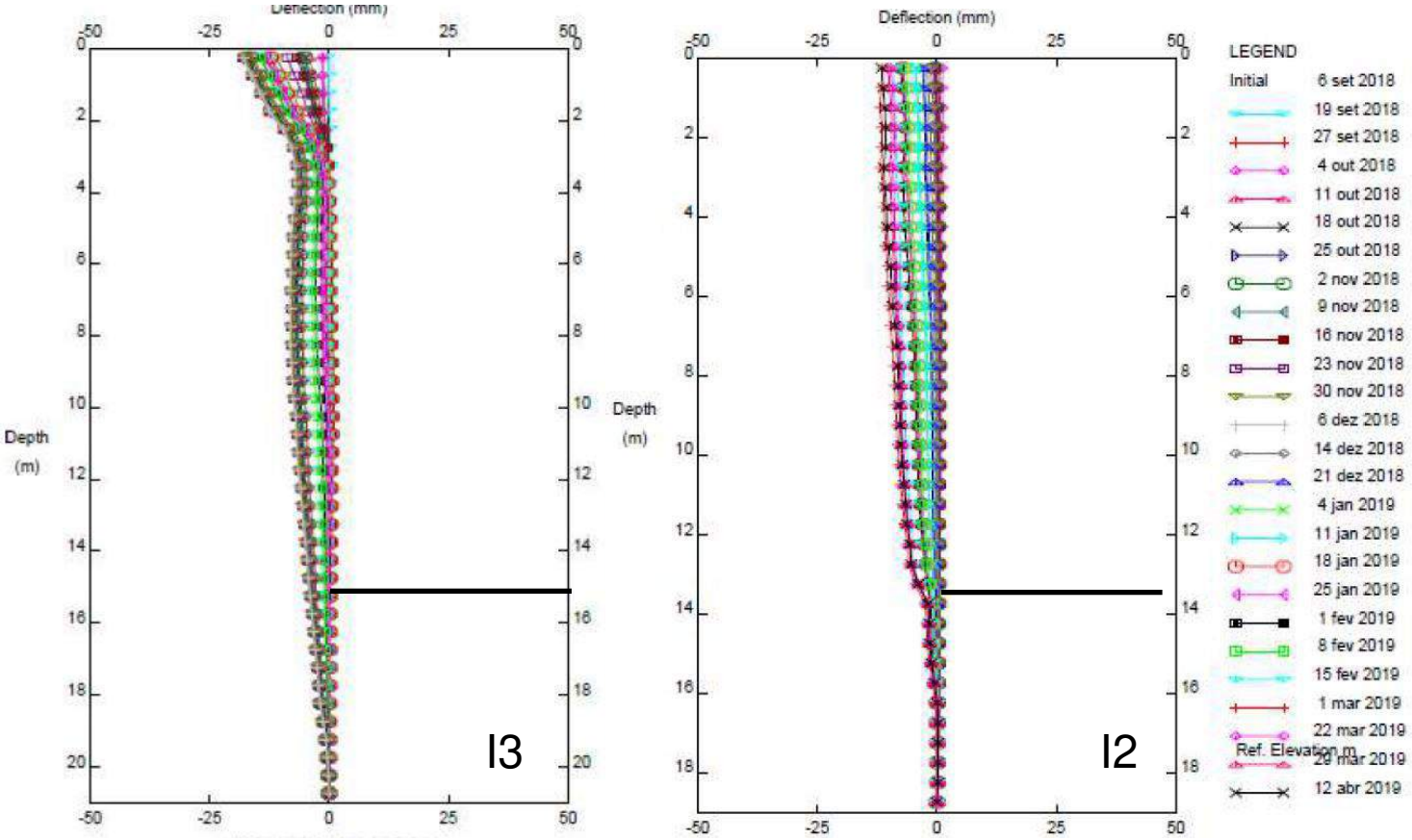
Células de carga



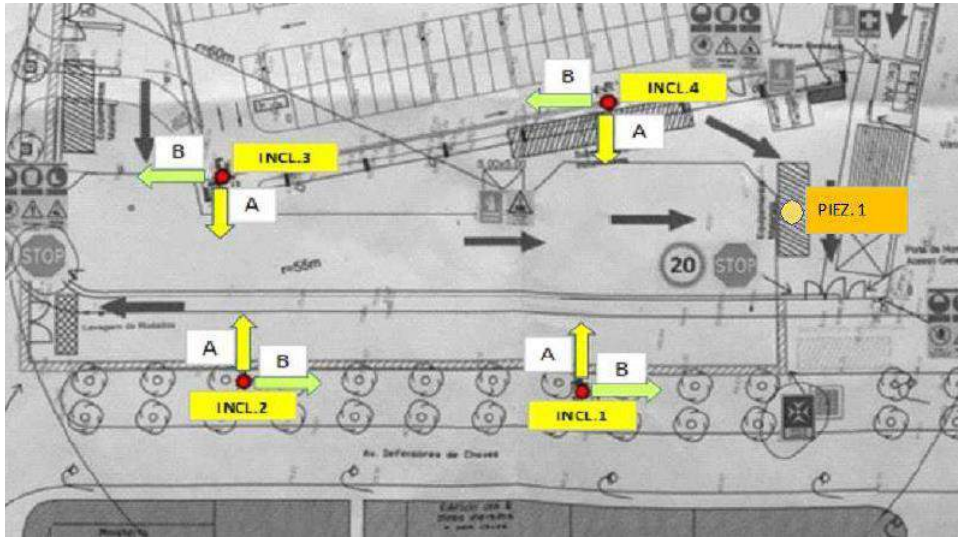
✓ Variação de Carga nas Ancoragens < 10%

Plano de Instrumentação e Observação

✓ Monitorização da Estrutura de Contenção

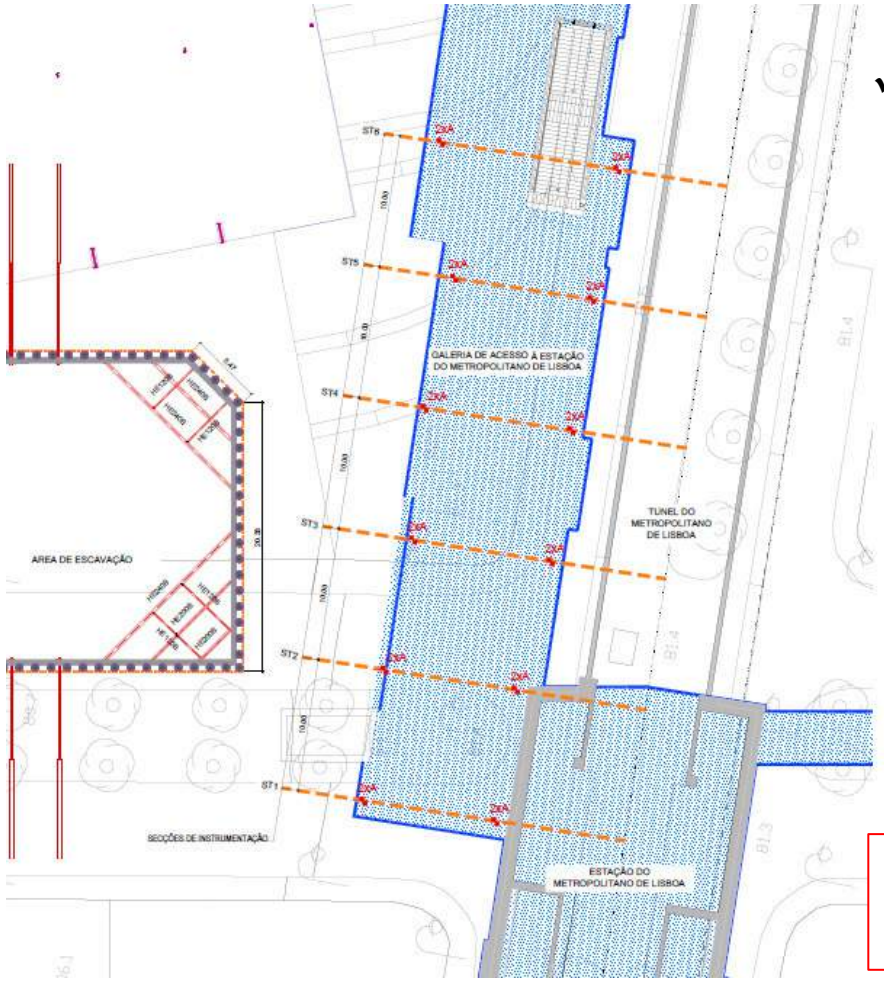


Inclinómetros

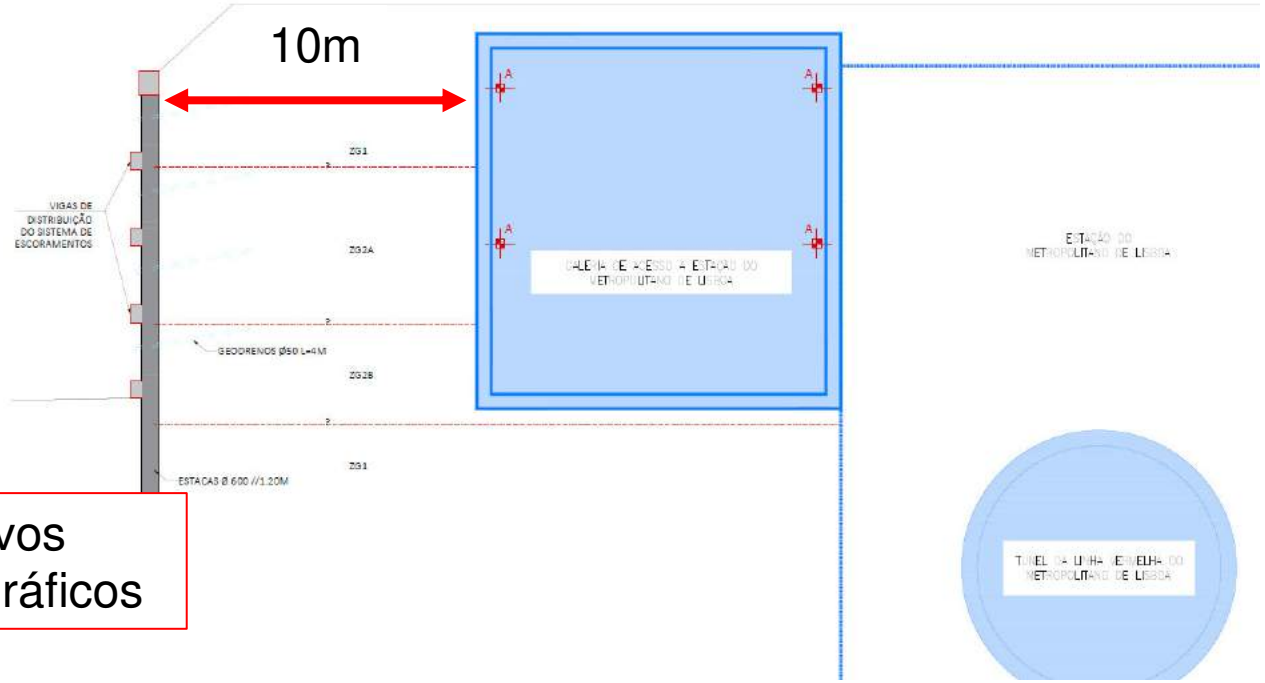


✓ Deformação ao nível dos inclinómetros: máx. 20mm

Plano de Instrumentação e Observação



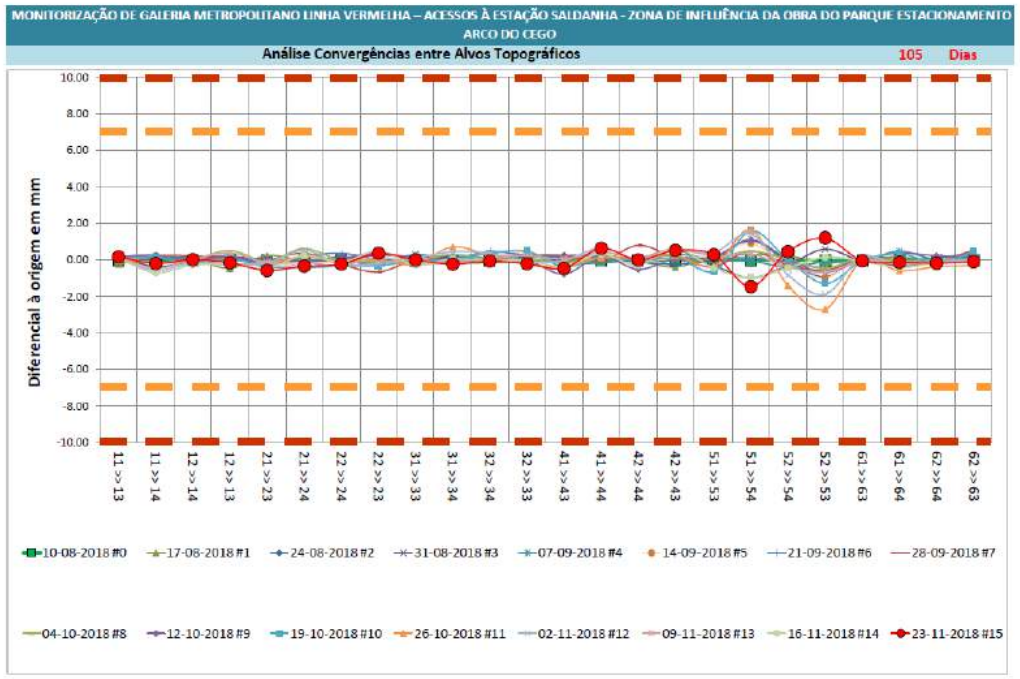
- ✓ Monitorização da Galeria de Acesso à Estação do ML



Alvos Topográficos

Plano de Instrumentação e Observação

- ✓ Monitorização da Galeria de Acesso à Estação do ML



ALERTA – 7mm

ALARME – 10mm

- ✓ Deslocamentos, no geral, dentro da ordem de grandeza do erro de leitura dos equipamentos

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais

Considerações Finais

Considerações Finais

Considerações Finais

Considerações Finais

Importância da avaliação prévia das **Condicionantes Locais** (Arquitetura, Edifícios Vizinhos e Infraestruturas no sub-solo)

Importância da realização de um **Estudo Geológico Geotécnico** que caracteriza os terrenos em profundidade

Importância do **Plano de Instrumentação de Observação**, ferramenta indispensável para a gestão do risco

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA IMPLEMENTADAS EM OBRA SITUADA SOBRE O ATERRO DA BOAVISTA EM LISBOA

FARTARIA, Catarina
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA IMPLEMENTADAS EM OBRA SITUADA SOBRE O ATERRO DA BOAVISTA EM LISBOA

Fartaria, Catarina, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, cfartaria@jetsj.com
Pinto, Alexandre, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com

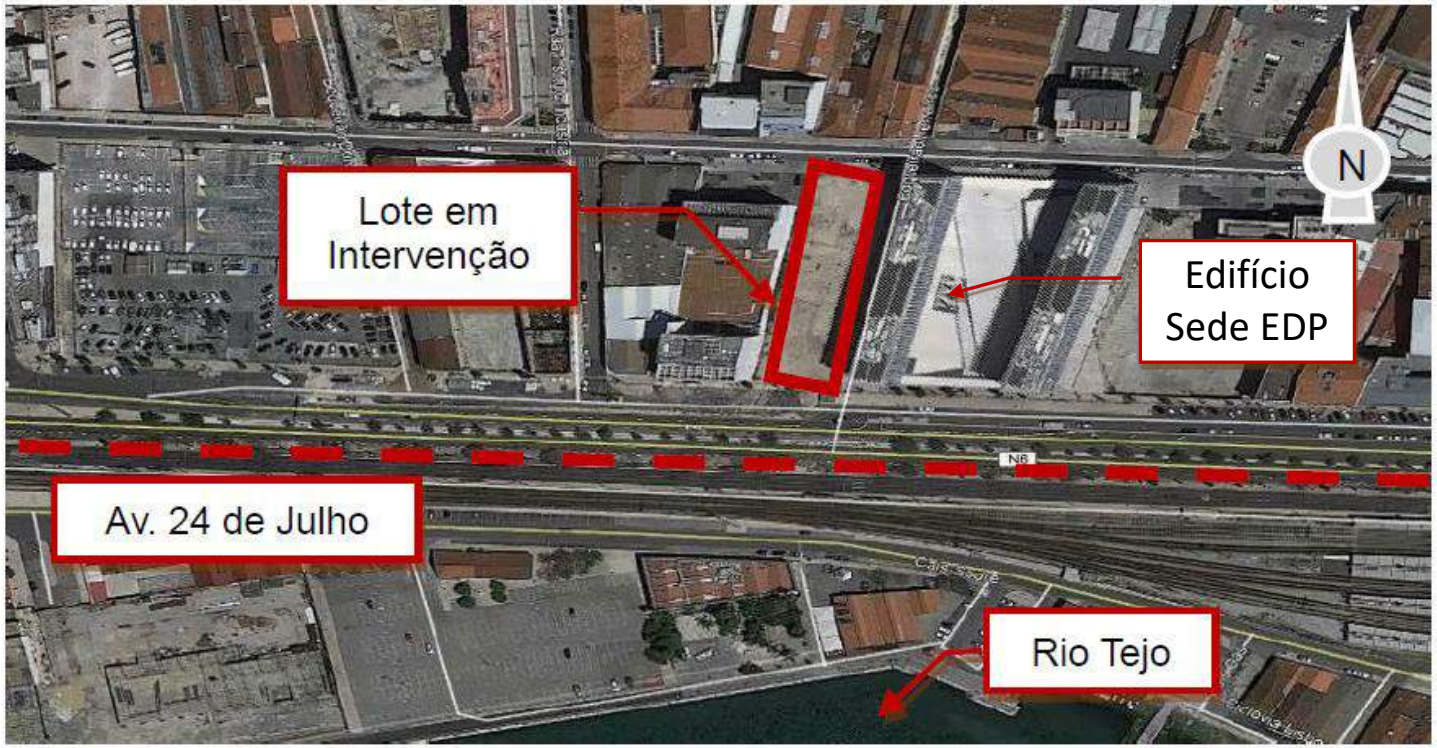
Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

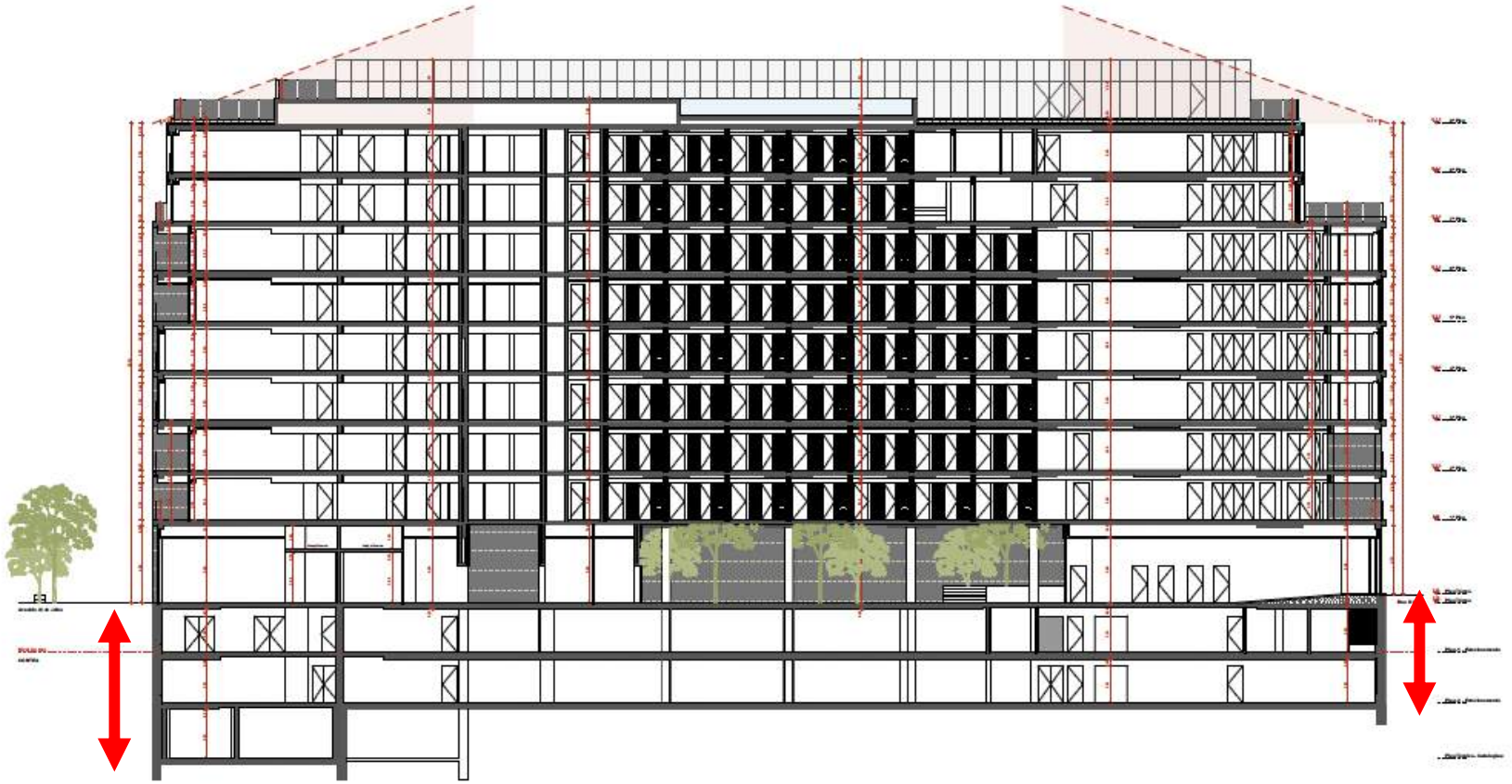
Introdução



Características do Edifício

- ✓ Área de implantação 1570m2
- ✓ Número de pisos elevados: 9
- ✓ Número de caves: 2 a 3

Introdução



Altura de Escavação

- ✓ 2 caves: 7,5m
- ✓ 3 caves: 10,5m

Índice

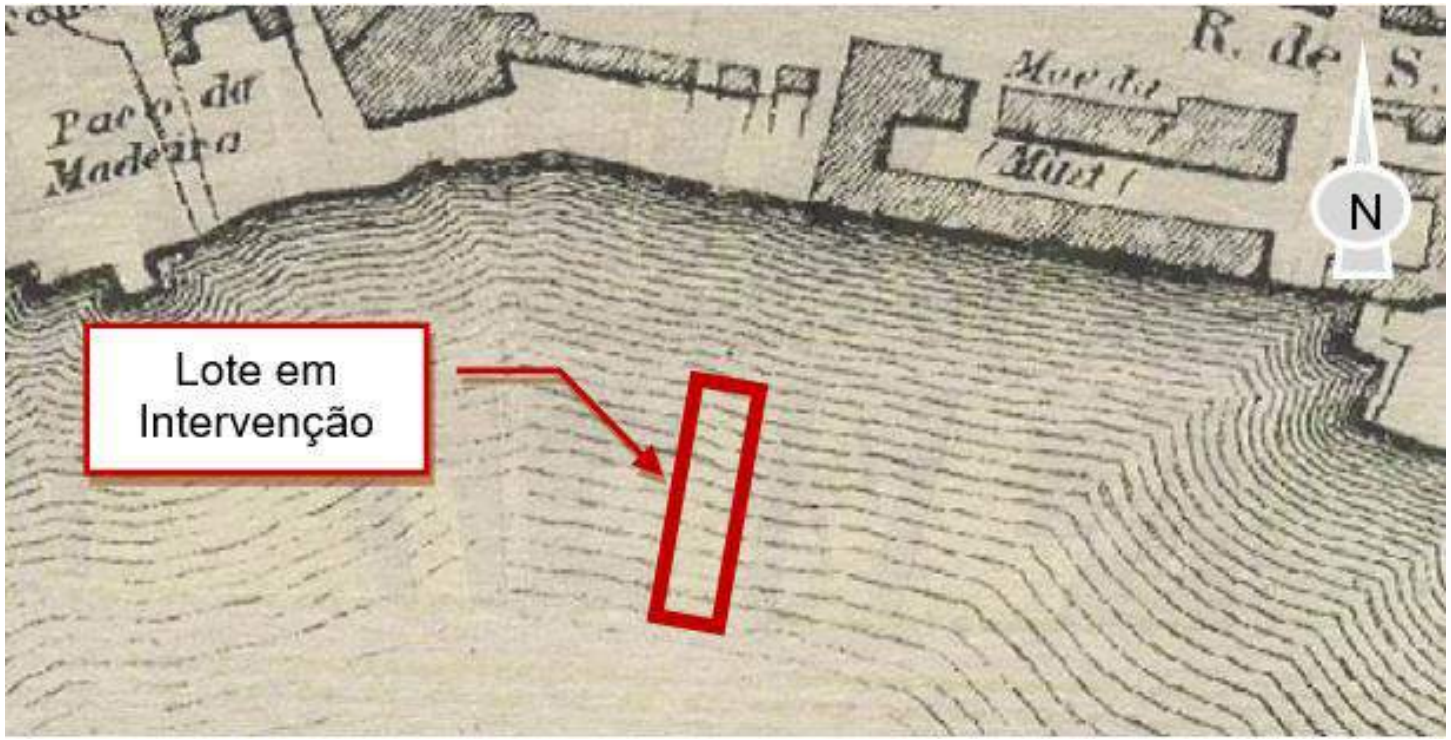
- INTRODUÇÃO
- **CONDICIONANTES**
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condicionantes

- Ocupação histórica do local
- Condições de Vizinhança
- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos
- Condicionamentos Hidrogeológicos
- Condicionamentos relativos a Contaminação de solos
- Condicionamentos relativos aos Trabalhos Arqueológicos

Condicionantes

- Ocupação histórica do local



Obra situada sobre o Aterro da Boavista (‘O Grande Aterro’)

Uma das maiores obras públicas do século XIX

Condicionantes

- Condições de Vizinhança

Fotografia aérea data de 1987 (fonte: CMLLisboa Interativa)

- ✓ Lote anteriormente ocupado
- ✓ Empena ainda existente no limite do lote

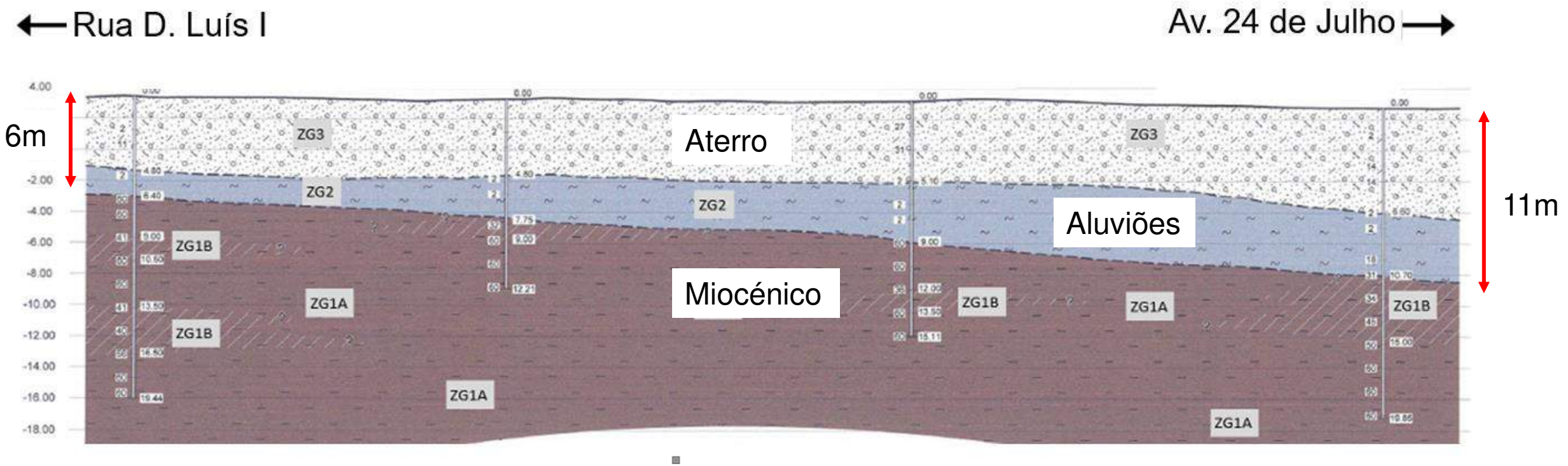
Introdução

- Condições de Vizinhança

  - ✓ Norte: Rua Dom Luís I;
  - ✓ Nascente: Rua Boqueirão dos Ferreiros / Edifício Sede da EDP com 6 pisos enterrados;
  - ✓ Sul: Av.24 de Julho / Rio Tejo;
  - ✓ Poente: Edifícios de empena contígua com o limite do lote e com 1 piso enterrado, muito provavelmente dispondo de paredes moldadas, apoiados no substrato Miocénico, em toda a sua periferia.

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos
  - ✓ Campanha de Prospeção
    4 furos de sondagem + 4 piezómetros + 3 poços de prospeção



Condicionantes

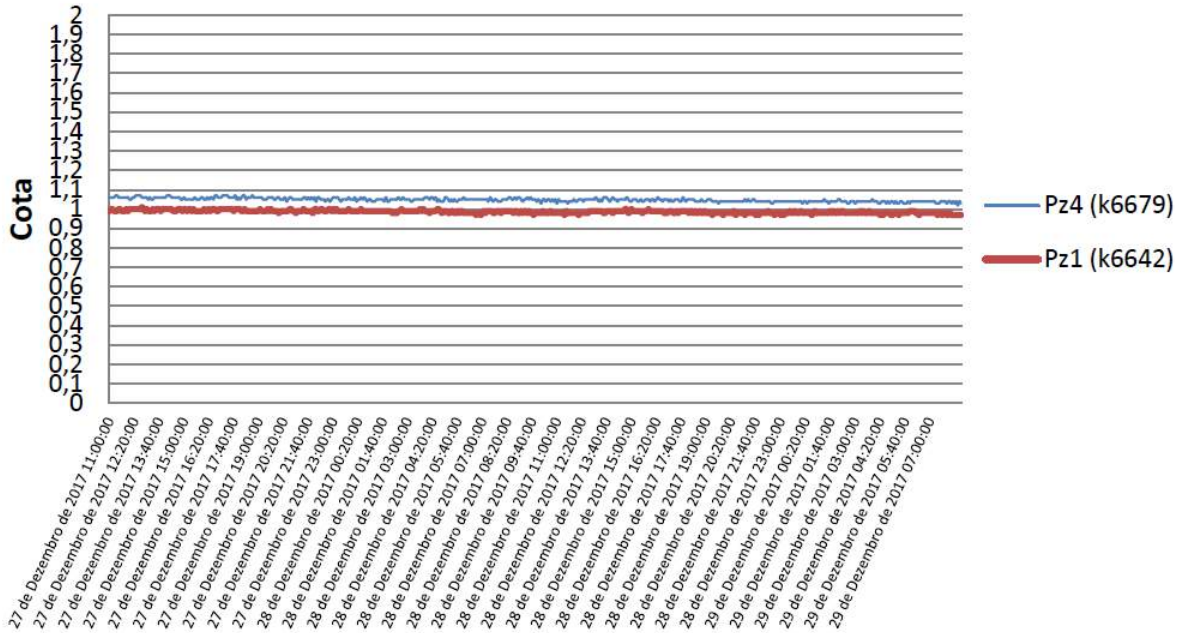
- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

I.D.		Litologia	Descrição
ZG3	Recente	a - Aterros	Depósitos de Aterro heterogéneo arenoso com pedras e fragmentos de cerâmica.
ZG2	Recente	a - Aluviões	Depósitos lodosos, por vezes com fragmentos de conchas, de consistência muito mole
ZG1B	Miocénico	M_{Pr} – Argilas dos Prazeres	Argilas cinzentas a anegradas, por vezes com conchas, de consistência rija.
ZG1A	Miocénico	M_{Pr} – Argilas dos Prazeres	Argilas cinzentas a anegradas, por vezes com conchas, de consistência muito rija.

I.D.	γ [kN/m³]	∅ [º]	c' [kPa]	c_u [kPa]	E [MPa]
ZG3	18	25	5	-	15
ZG2	15	0	-	20	12
ZG1B	19	30	30	-	50
ZG1A	20	30	50	-	80

Condicionantes

- Condicionamentos Hidrogeológicos
  - ✓ Estudo hidrogeológico com leituras piezométricas
  - ✓ Nível médio à cota +1
  - ✓ Apesar da proximidade ao Rio Tejo não revela influência das marés
  - ✓ Escoamento no sentido Norte-Sul em direção ao rio
  - ✓ Escoamento predominante ao nível da camada de aterros



Condicionantes

- Condicionamentos relativos à Contaminação de solos

  - ✓ Lote abrangido pelo Plano de Pormenor do Aterro da Boavista
    - ✓ Realizado Estudo de Contaminação de Solos
    - ✓ Ensaios a amostras de água e solos
      - ✓ Confirmação da contaminação dos solos
        - ✓ Exigido Plano de Descontaminação de Solos ou depósito dos produtos de escavação em aterro de resíduos perigosos

Condicionantes

- Condicionamentos relativos aos Trabalhos Arqueológicos

  - ✓ Necessidade de efetuar Escavação Arqueológica
    - ✓ Excluída a hipótese de uma solução em *top-down* parcial
    - ✓ Escolha de solução com escoramentos metálicos interiores para menos condicionamento dos trabalhos

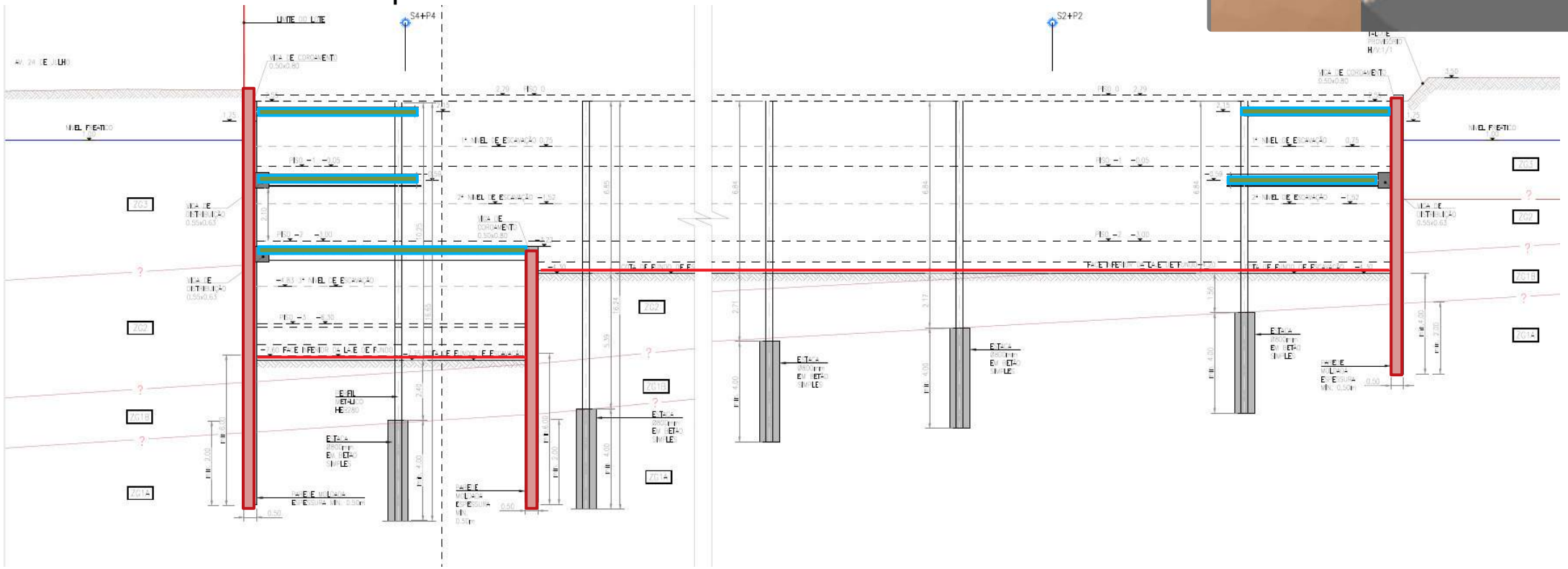
    - ✓ Dimensionamento da estrutura de contenção para acomodar uma escavação integral arqueológica nos primeiros dois metros de profundidade sem qualquer travamento horizontal

Índice

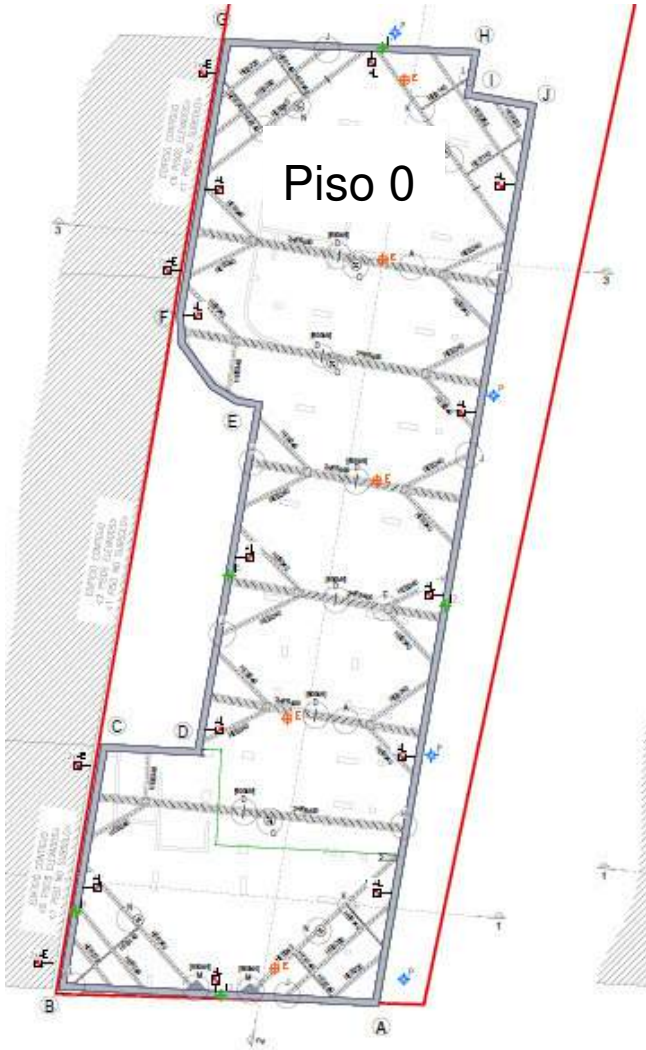
- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- **SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO**
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

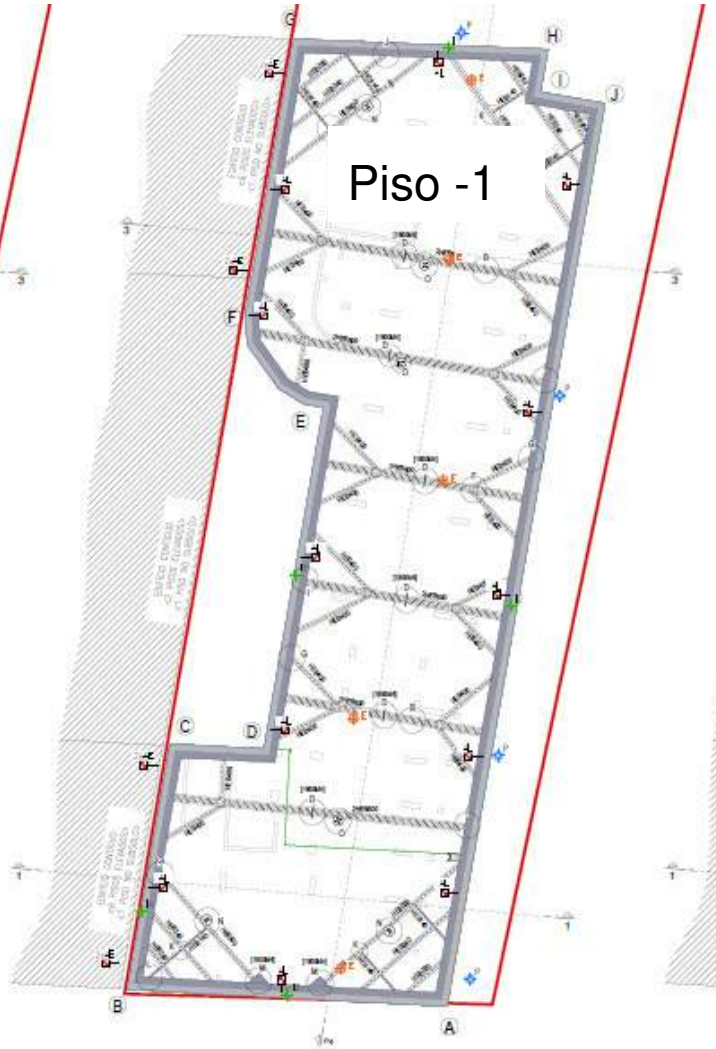
Solução de Escavação e Contenção

- ✓ Estrutura de contenção: Parede moldada e=50cm
- ✓ Elementos horizontais de travamento: Escoras metálicas pré-esforçadas
- ✓ Perfis verticais de apoio fundados em estacas



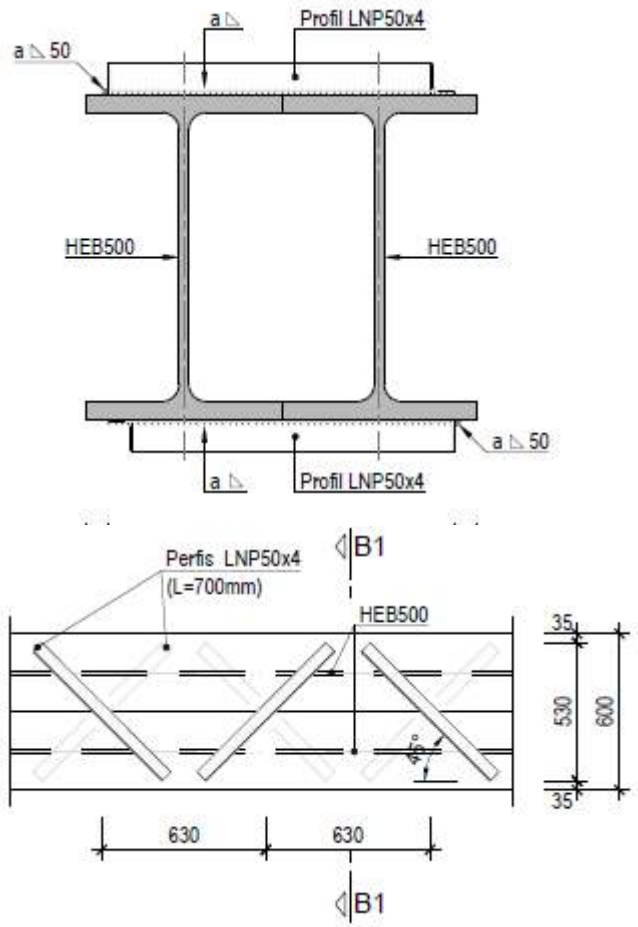
Solução de Escavação e Contenção



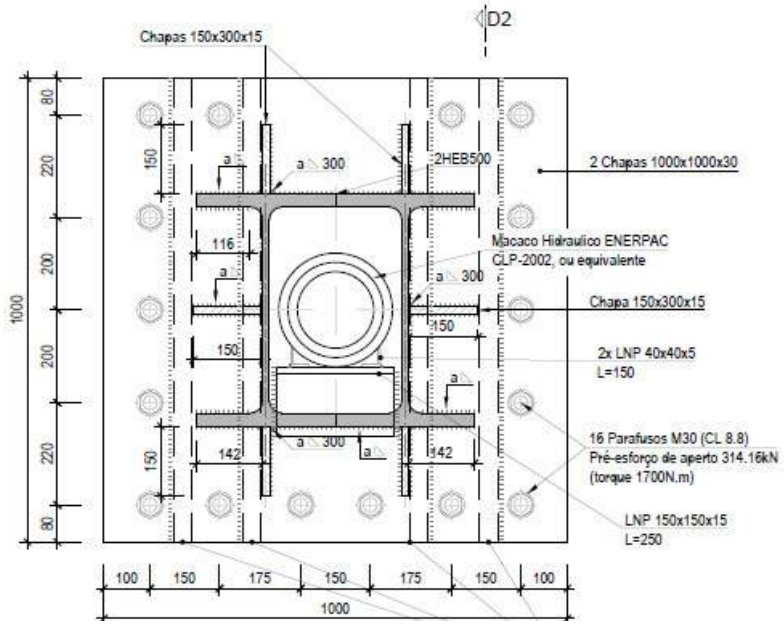


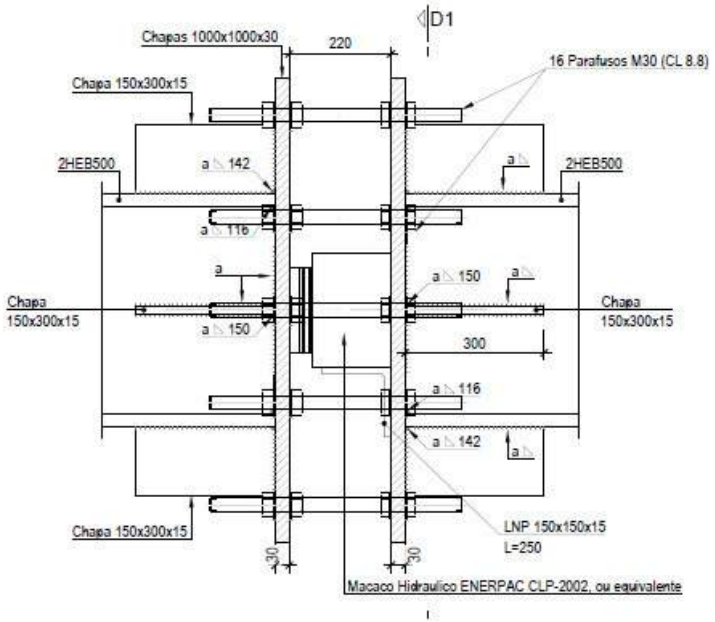
- ✓ Escoras metálicas horizontais com vão superior a 20m
- ✓ Perfis verticais de apoio fundados em estacas

Solução de Escavação e Contenção



Escoras 2 x HEB



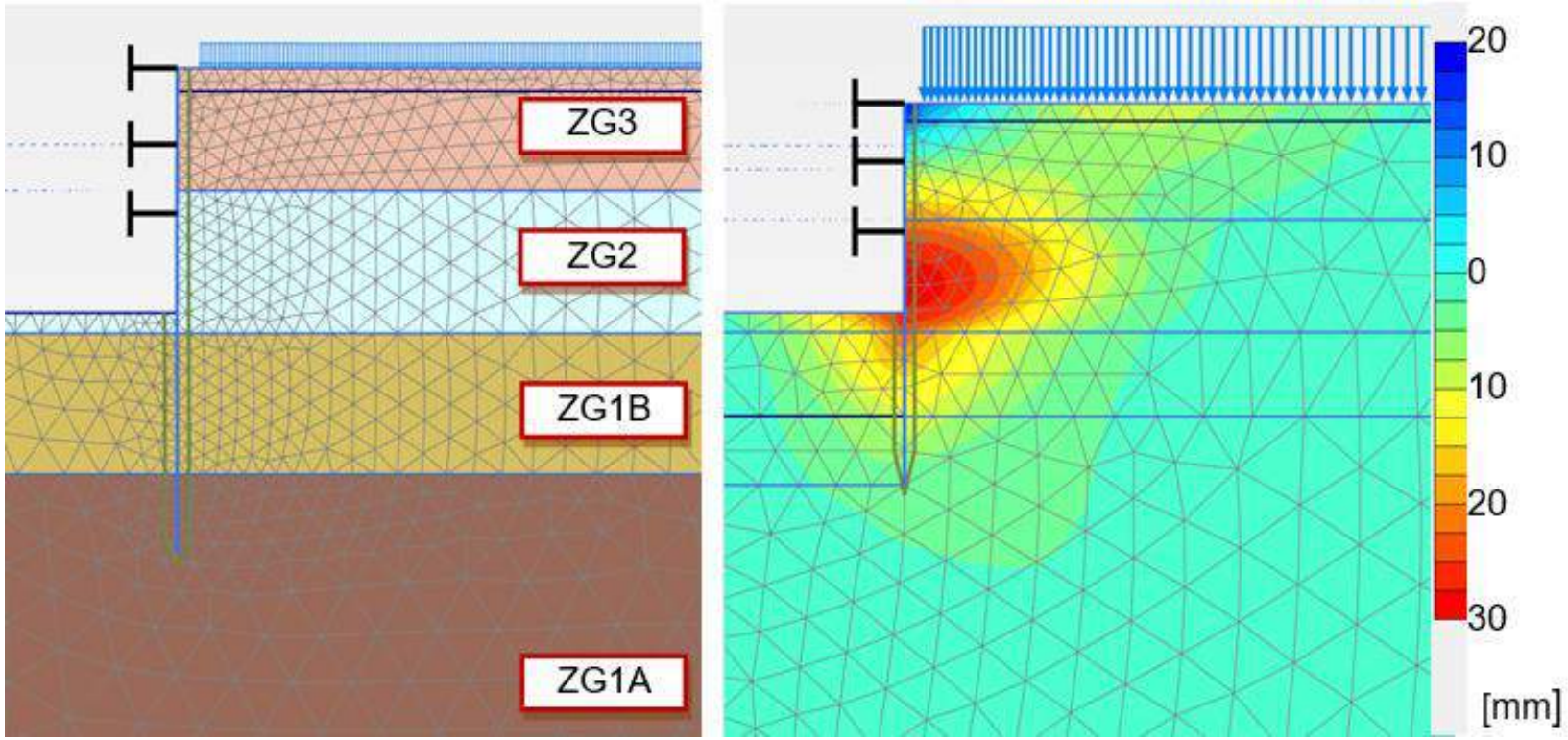


Ligação de Topo com Suporte para Macaco Hidráulico

Índice

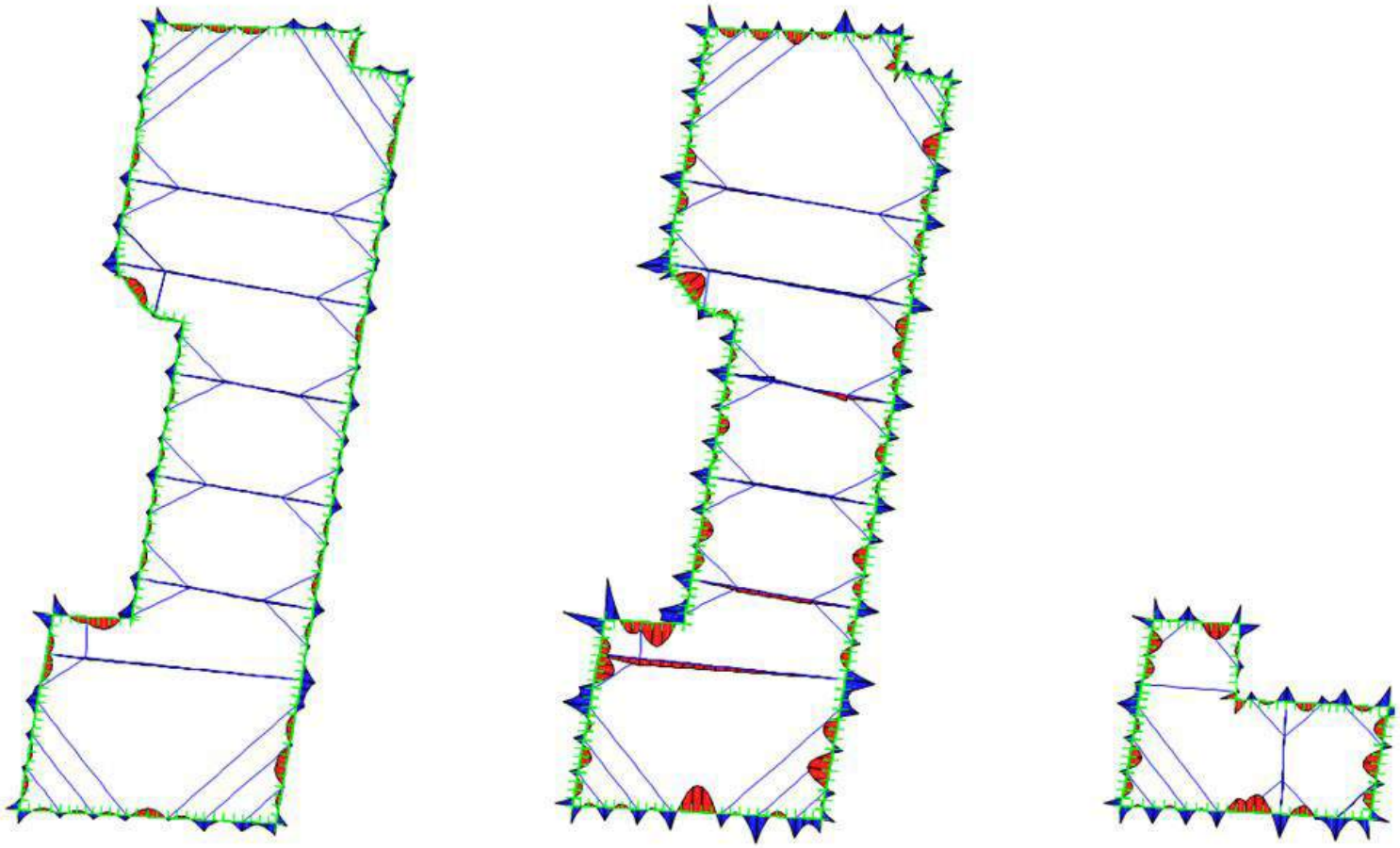
- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- **ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica e Dimensionamento



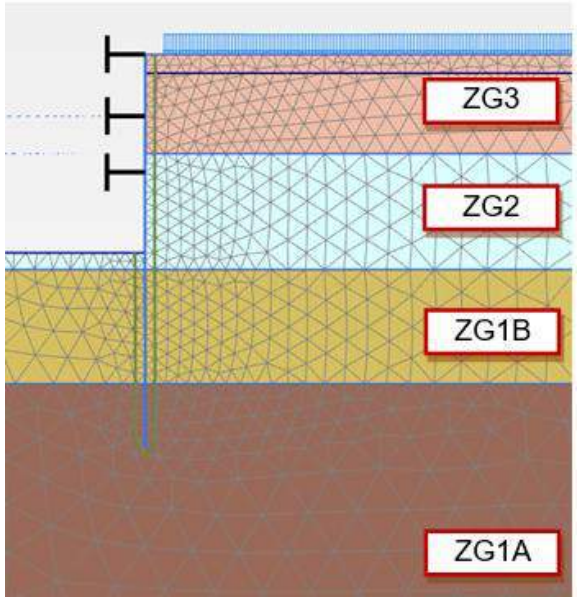
- ✓ Modelos bidimensionais
- ✓ Software Plaxis 2D
- ✓ Estimativa de esforços e deformações
- ✓ Modelação do faseamento construtivo

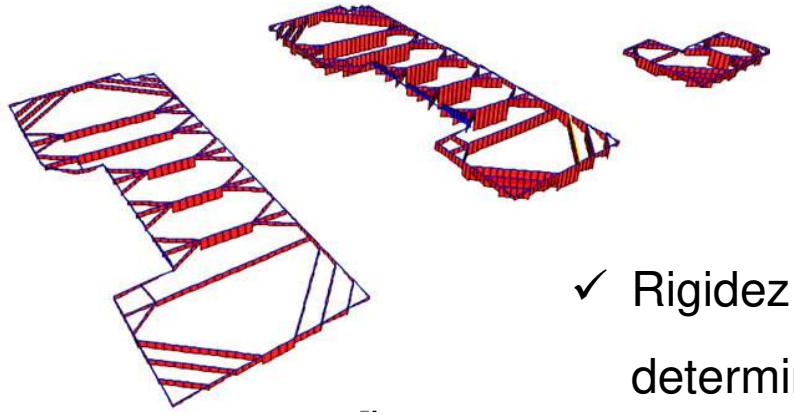
Análise Numérica e Dimensionamento



- ✓ Software SAP2000
- ✓ Dimensionamento dos escoramentos metálicos
- ✓ Dimensionamento das vigas de distribuição

Análise Numérica e Dimensionamento





- ✓ Rigidez do sistema de escoramento determinada no modelo SAP2000
- ✓ Utilização da rigidez determinada nos apoios do modelo Plaxis 2D
- ✓ Utilização dos esforços determinados no Plaxis 2D como input no modelo SAP2000
- ✓ Iterações necessárias

Análise Numérica e Dimensionamento

Verificações de Segurança ELU

- ✓ Parede Moldada
  - ✓ Flexão
  - ✓ Esforço Transverso
- ✓ Viga de Coroamento e Vigas e Distribuição
  - ✓ Flexão
  - ✓ Esforço Transverso
- ✓ Escoras Metálicas Horizontais
  - ✓ Encurvadura por flexão composta com esforço axial
- ✓ Perfis Verticais de Apoio
  - ✓ Encurvadura por esforço axial

Verificações de Segurança ELS

- ✓ Estrutura de Contenção
  - ✓ Deformação Horizontal

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação

OBJETIVOS

- ✓ Gestão do Risco Geotécnico
- ✓ Validação de Pressupostos de Projeto
- ✓ Avaliação da Necessidade de Medidas de Reforço
- ✓ Acompanhamento do Comportamento de Estruturas e Infraestruturas Vizinhas

Plano de Instrumentação e Observação

DISPOSITIVOS

- ✓8 x Alvos topográficos edifícios vizinhos
- ✓29 x Alvos topográficos estrutura de contenção
- ✓5 x Inclinómetros nos painéis de parede moldada
- ✓11 x Extensómetros de corda vibrante nos escoramentos horizontais
- ✓4 x Piezómetros de tubo aberto

Plano de Instrumentação e Observação

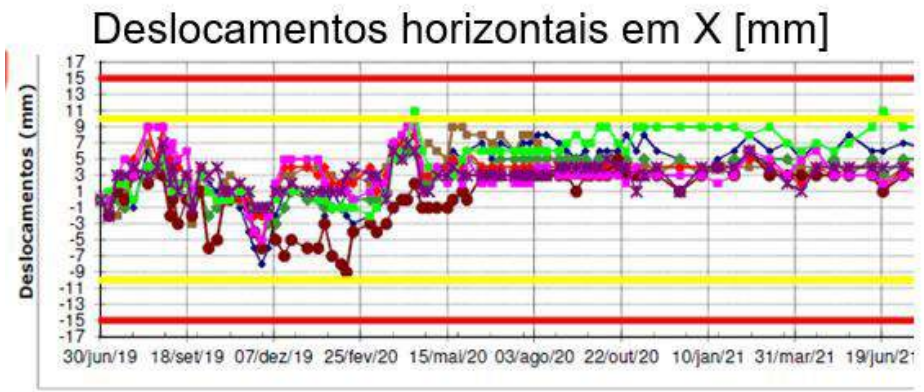
CRITÉRIOS DE ALERTA E DE ALARME

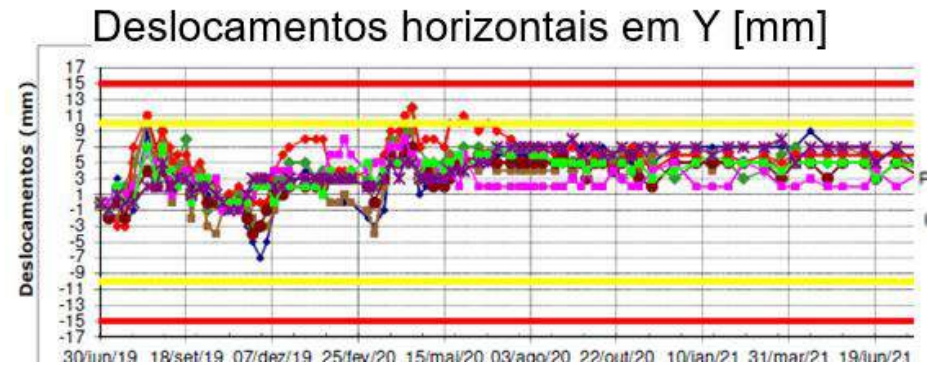
- ✓ Valores determinados com base na análise númerica

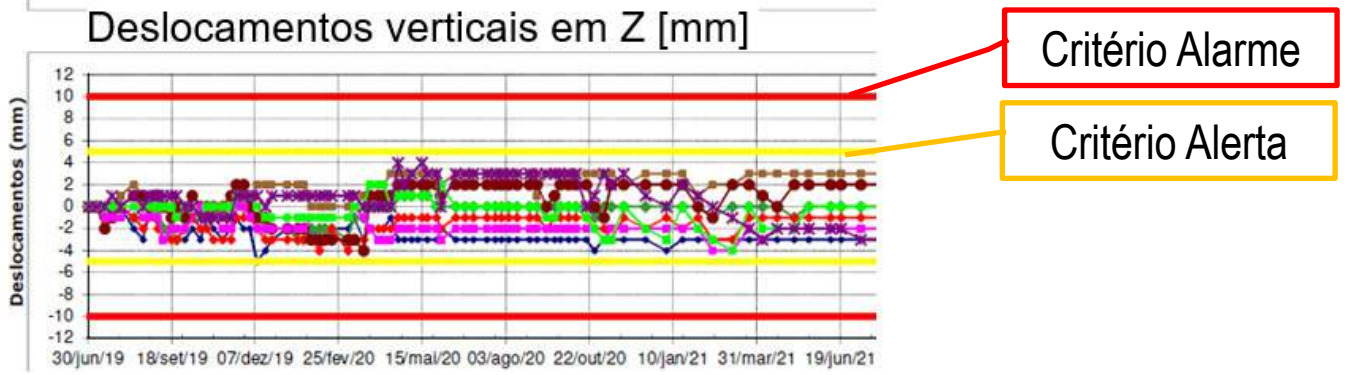
Dispositivo		Critério de Alerta	Critério de Alarme
Alvos Topográficos	horizontal	20mm	30mm
Estrutura de Contenção	vertical	10mm	15mm
Inclinómetros (horizontal)		20mm	30mm
Piezómetros (cota altimétrica)		+1,5m	+2,5m
Alvos Topográficos	horizontal	10mm	15mm
Edifícios Vizinhos	vertical	5mm	10mm

Plano de Instrumentação e Observação

ALVOS EDIFÍCIOS VIZINHOS

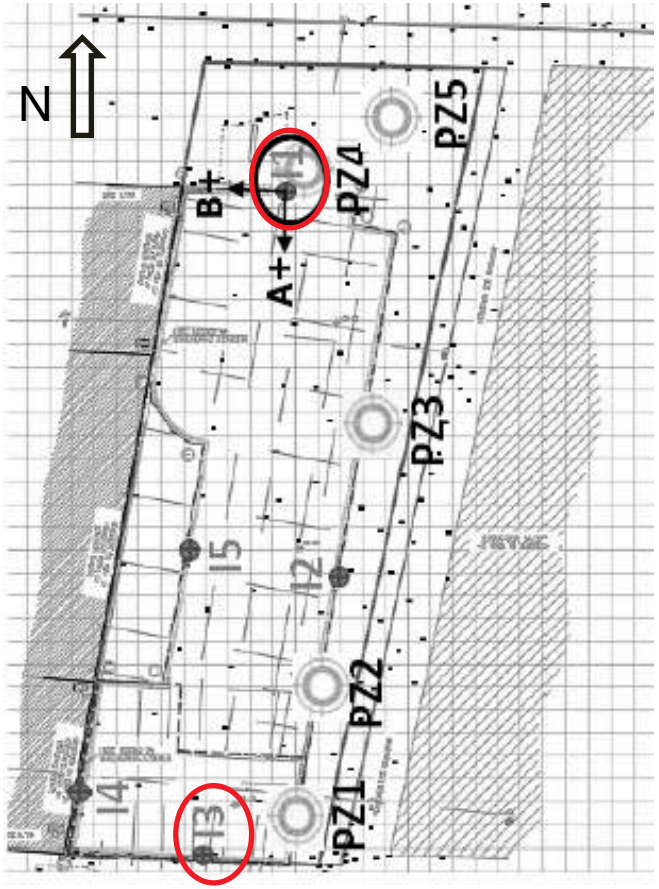


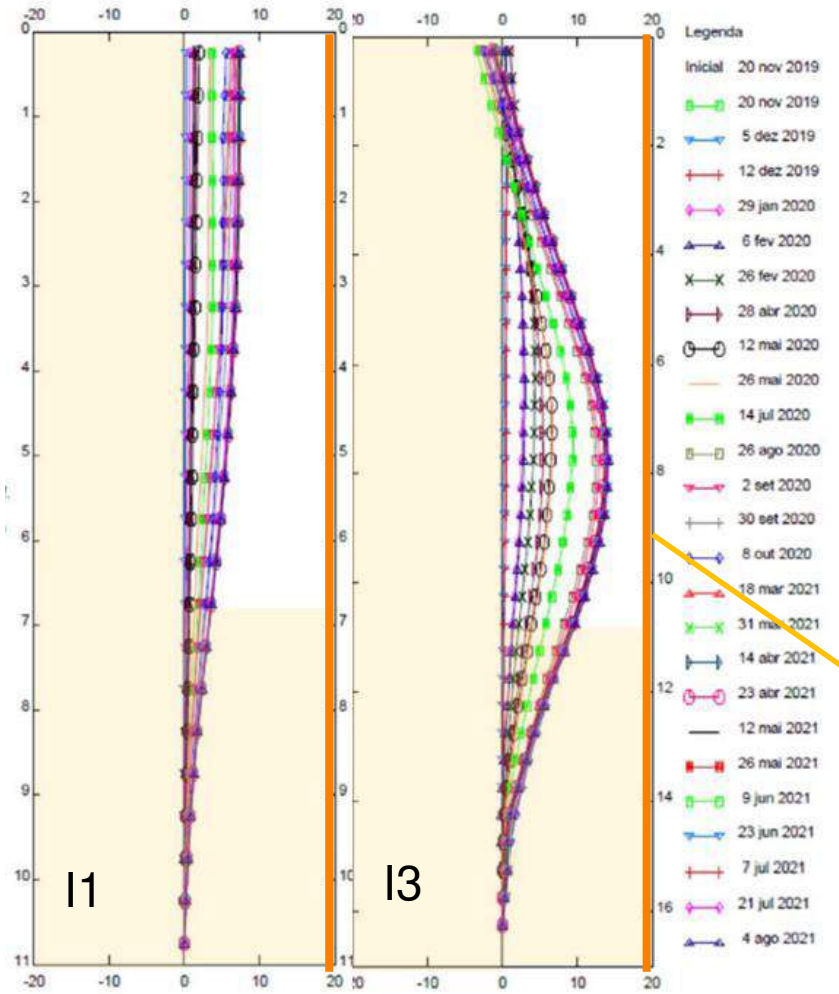




Plano de Instrumentação e Observação

INCLINÓMETROS

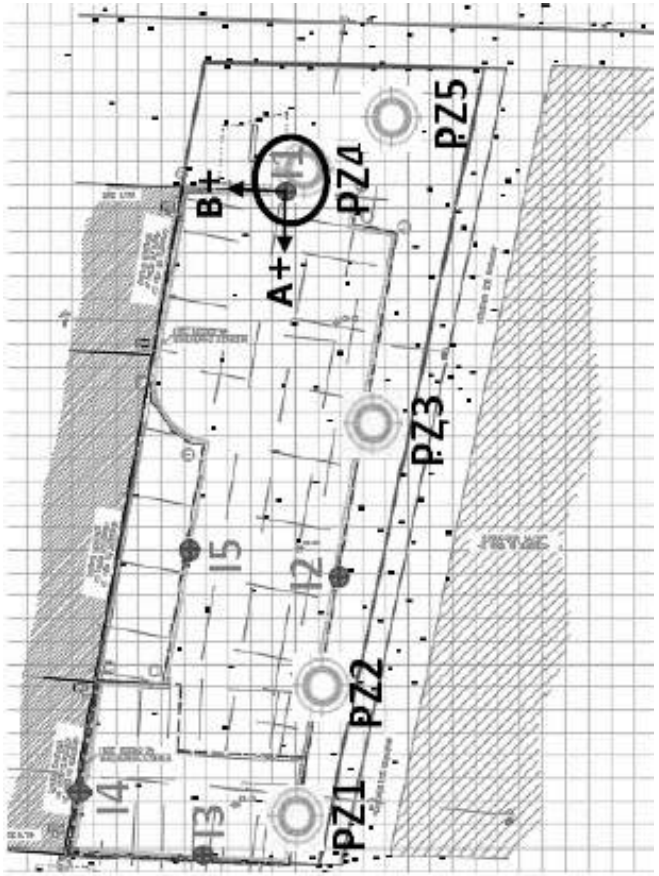


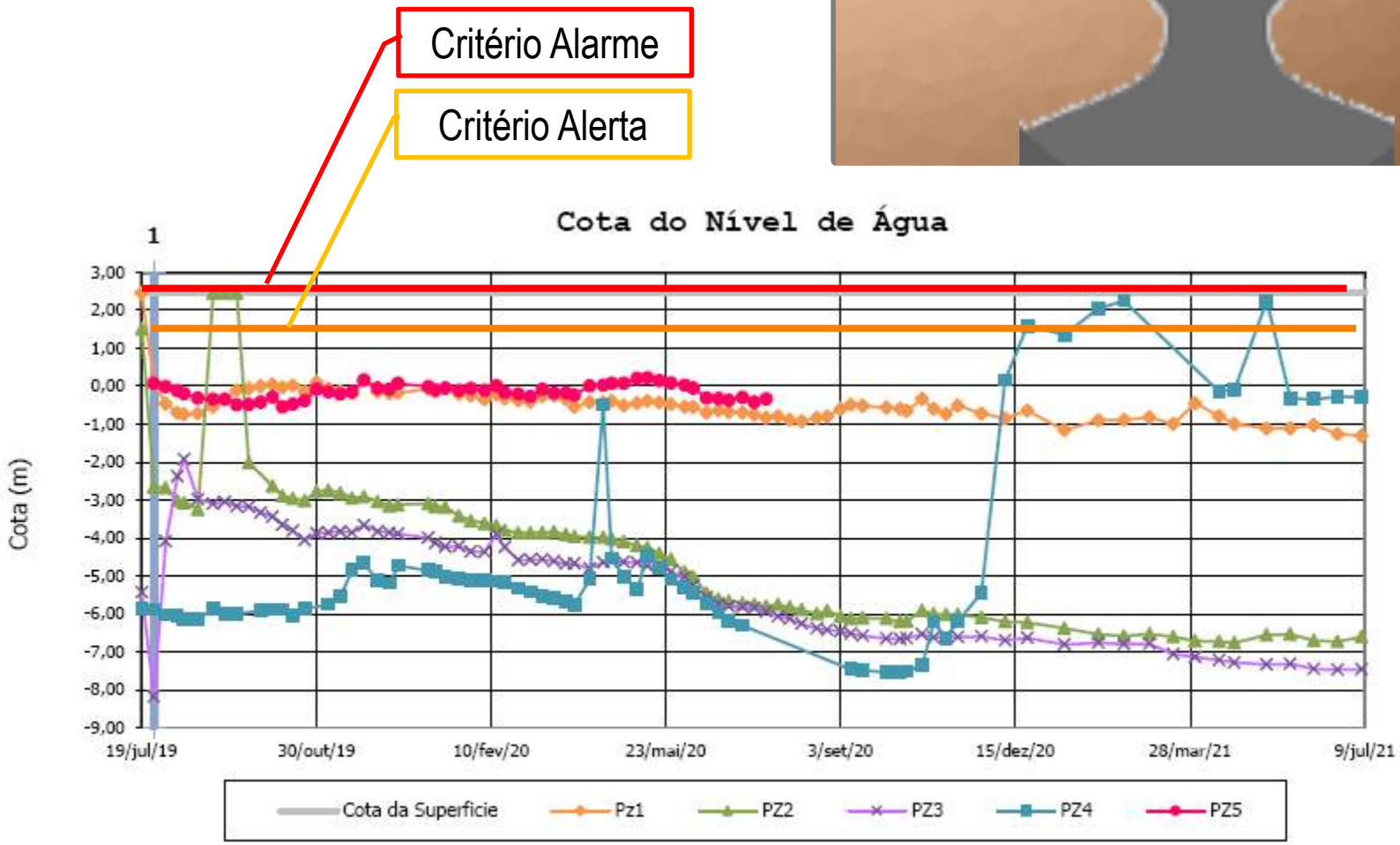


Critério Alerta

Plano de Instrumentação e Observação

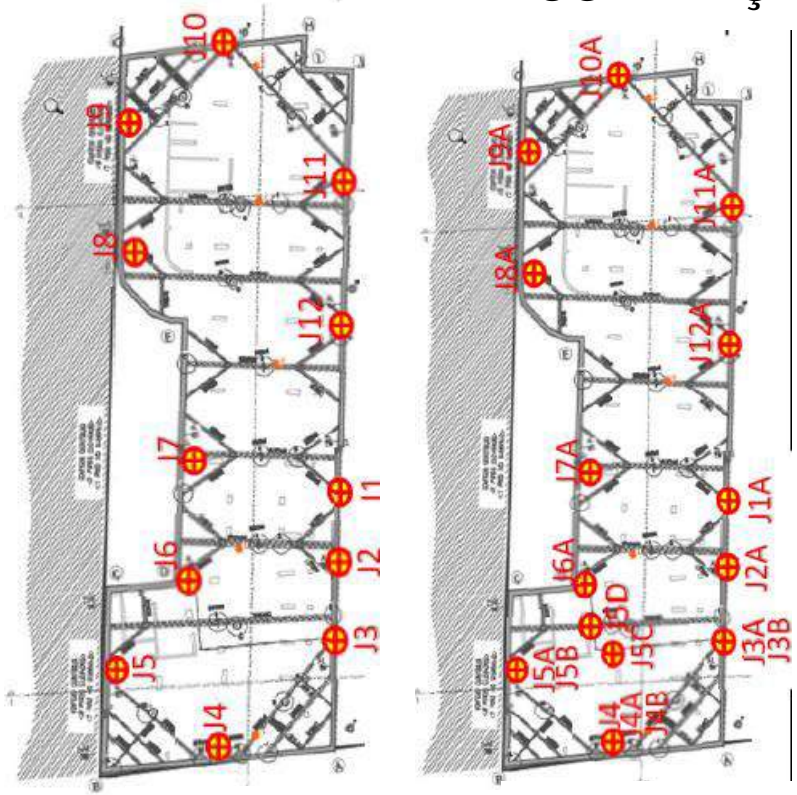
PIEZÓMETROS





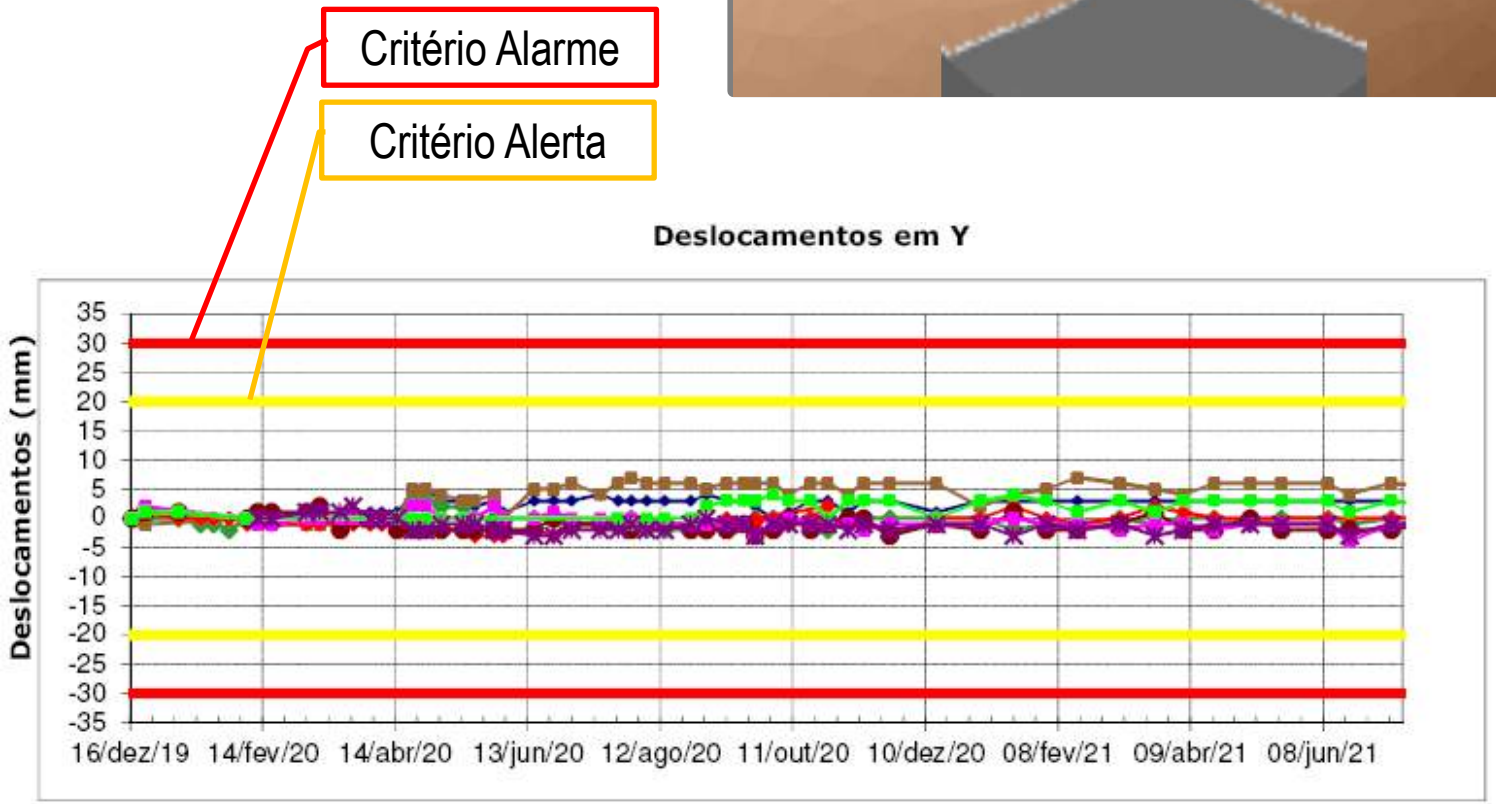
Plano de Instrumentação e Observação

ALVOS ESTRUTURA DE CONTENÇÃO



Piso 0

Piso -1 e -2



Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais

✓Solução de Contenção condicionada pela Escavação Arqueológica

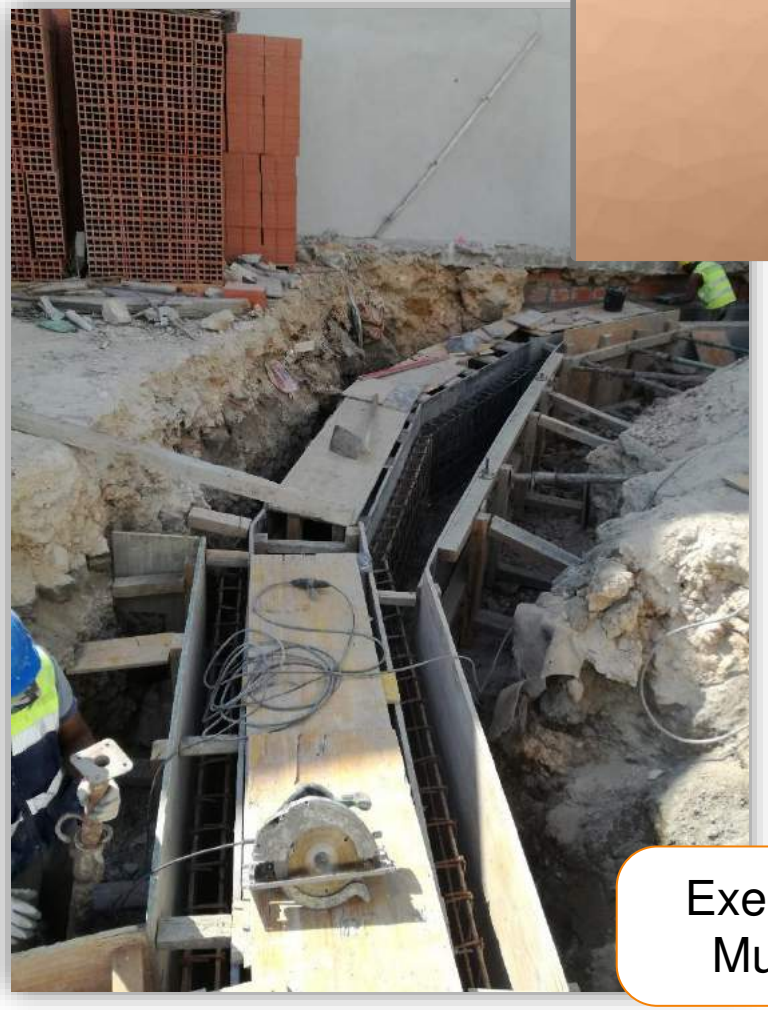
✓Estrutura de Contenção integrada como elemento definitivo

✓Plano de Instrumentação e Observação permitiu confirmar um cenário geológico-geotécnico mais favorável

✓Através de retroanálise foi possível validar a alteração do faseamento construtivo na execução das lajes dos pisos enterrados

Considerações Finais

Descida da armadura da parede moldada

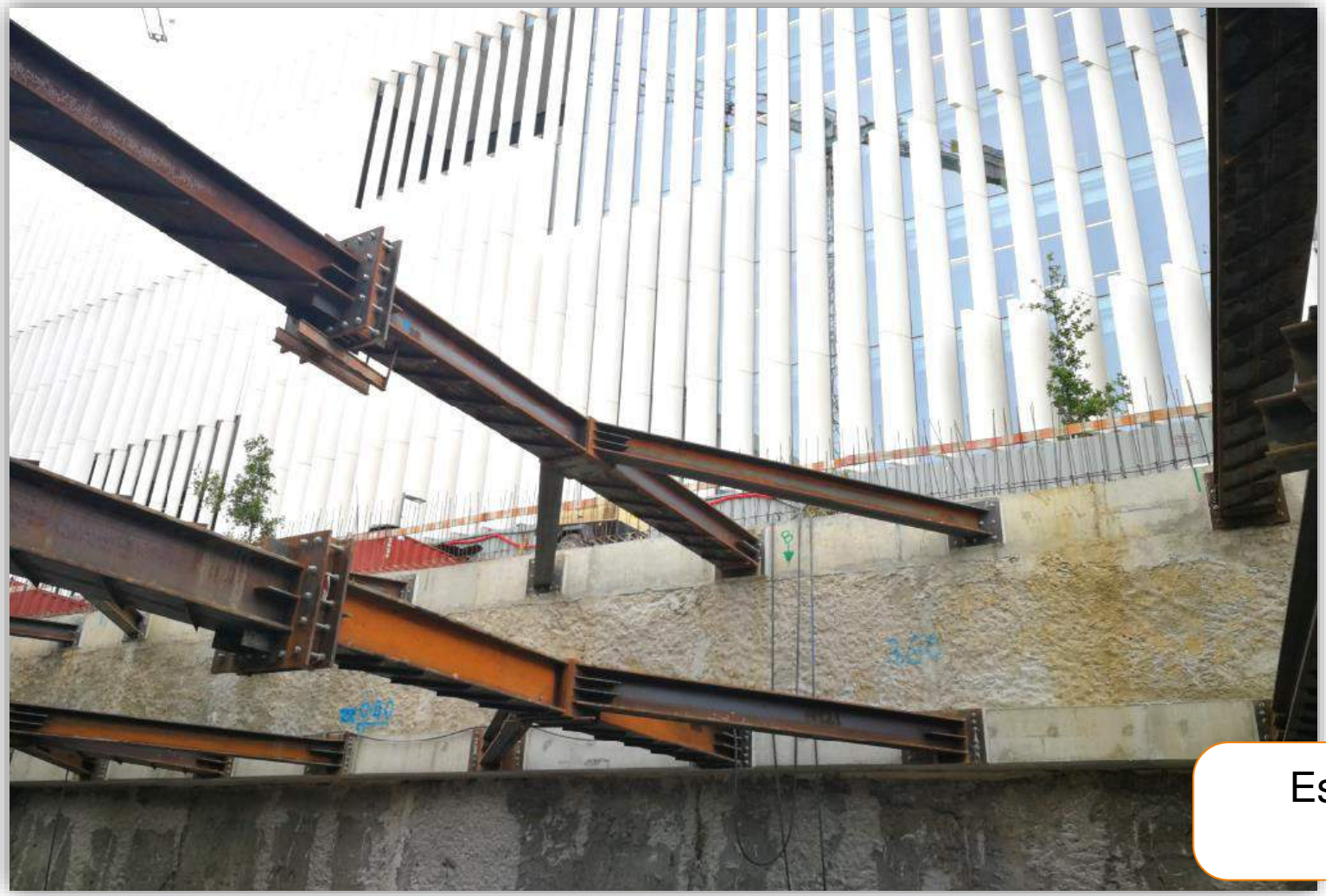


Execução de Muro Guia

Considerações Finais

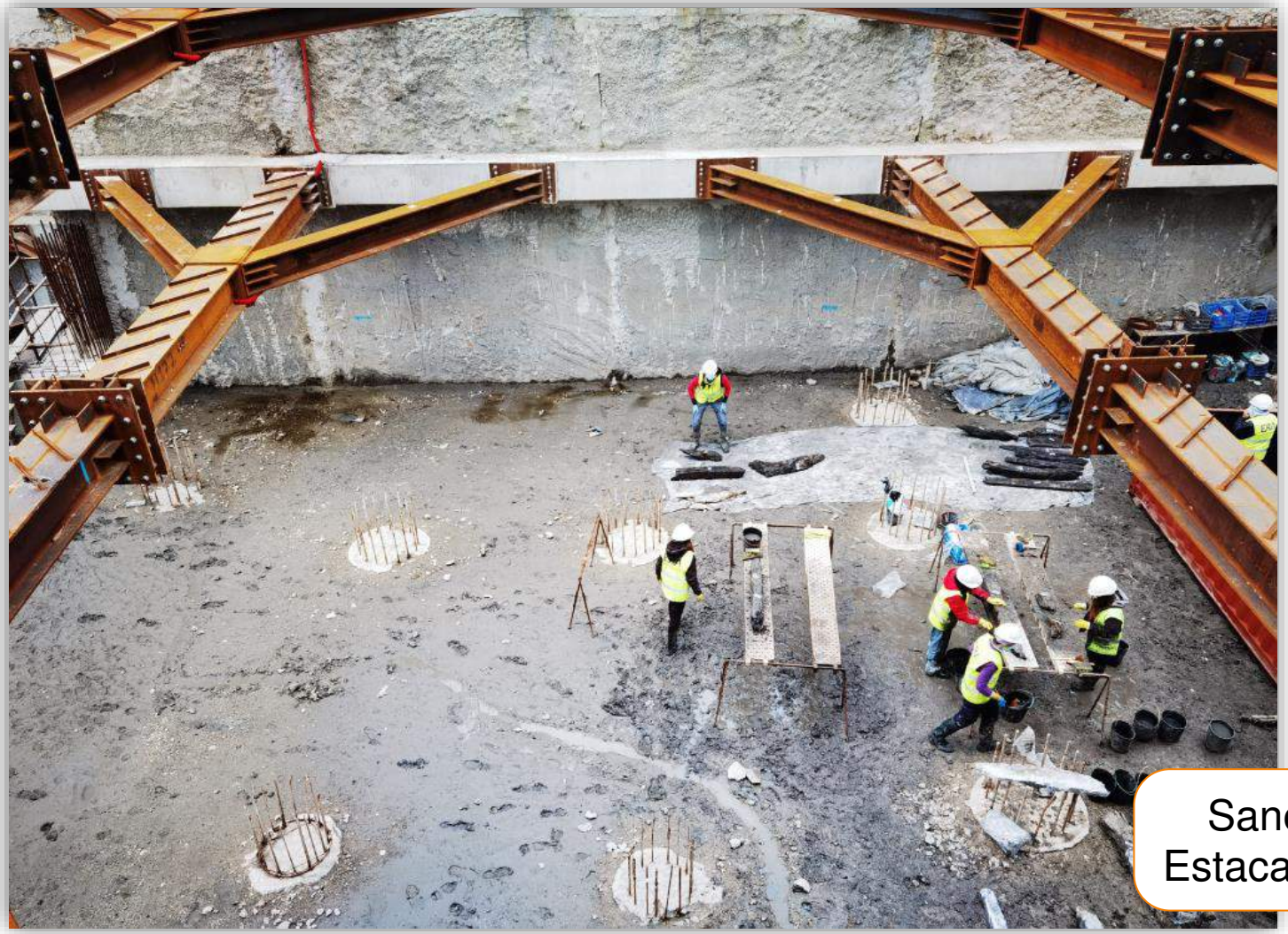
Escavação Arqueológica Integral

Considerações Finais



Escoramentos metálicos

Considerações Finais



Saneamento das Estacas de Fundação

Considerações Finais

Apoio Vertical dos Escoramentos Metálicos

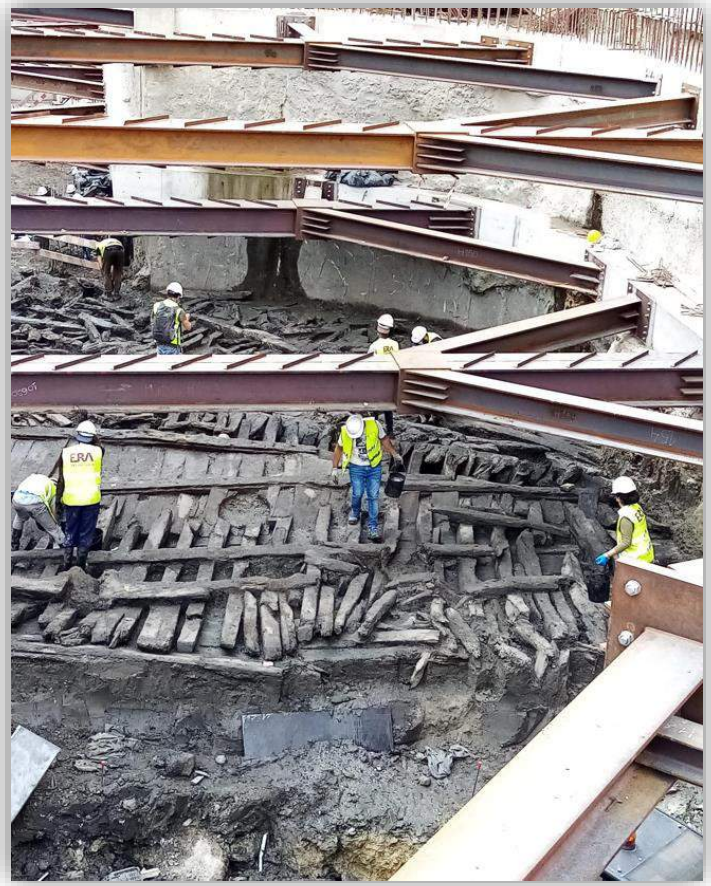
Considerações Finais

Escavação dos solos Aluvionares

Considerações Finais

Vista Sul – Fase Final de Escavação

Considerações Finais



P

ARQUEOLOGIA

Obras na Av. 24 de Julho, em Lisboa, revelam grande e bem preservado navio do final do século XVII

Embarcação destinava-se à navegação atlântica e terá sido descoberta no final do ano passado. Tem cerca de 27 metros de comprimento e o seu estudo será importante para entender mais sobre a construção naval na segunda metade do século XVII, em Portugal.

Lusa

26 de Janeiro de 2021, 10:57

Read in english | Receber alertas

Considerações Finais

Vista Norte – Fase Final de Escavação

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA ADOTADAS NO HOTEL AVEDON, EM LISBOA

FARTARIA, Catarina
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA ADOTADAS NO HOTEL AVEDON, EM LISBOA

Fartaria, Catarina, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, cfartaria@jetsj.com
Pinto, Alexandre, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Introdução

Características do Edifício

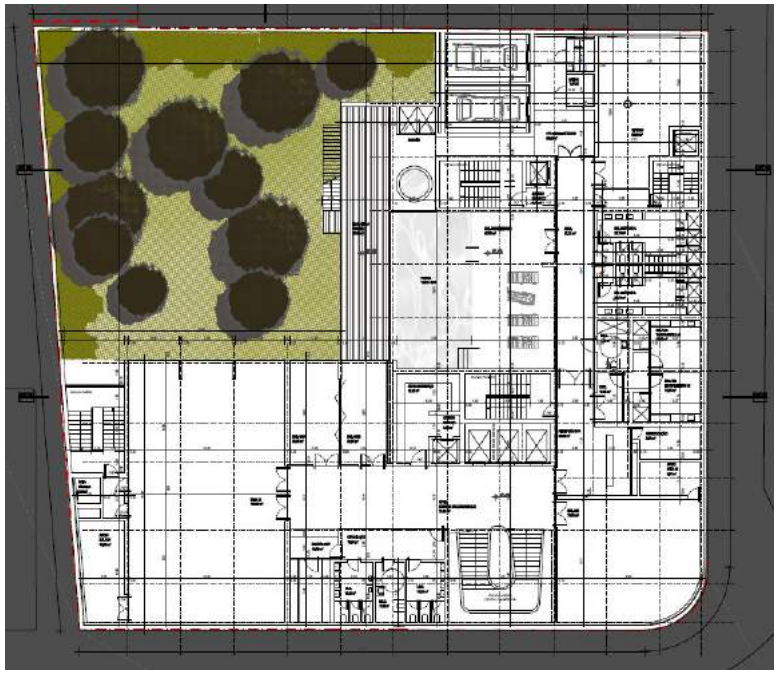
- ✓ Área de implantação 1700m2
- ✓ Número de pisos elevados: 6
- ✓ Número de caves: 4

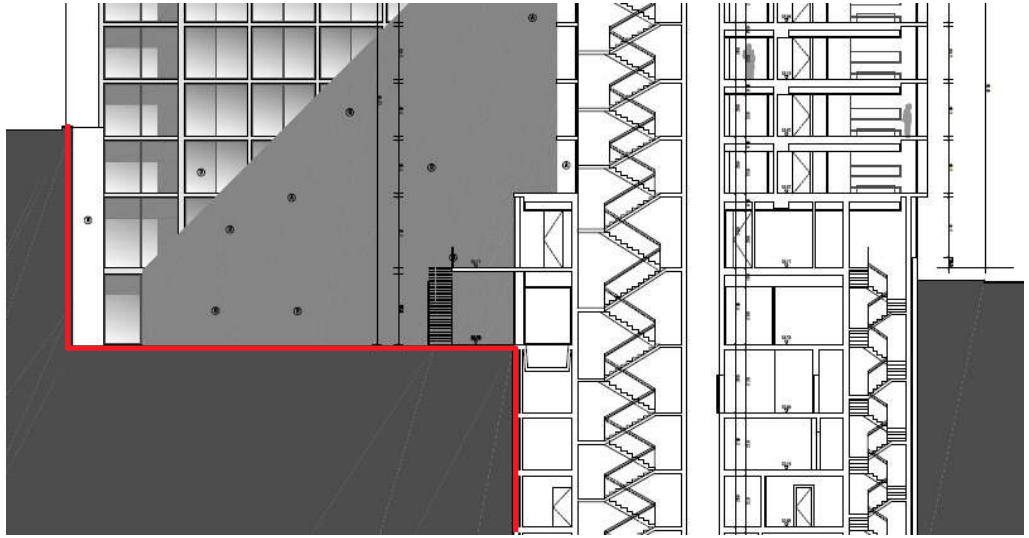
Introdução

Características do Edifício

- ✓ Área de implantação 1700m2
- ✓ Número de pisos elevados: 6
- ✓ Número de caves: 4

Introdução





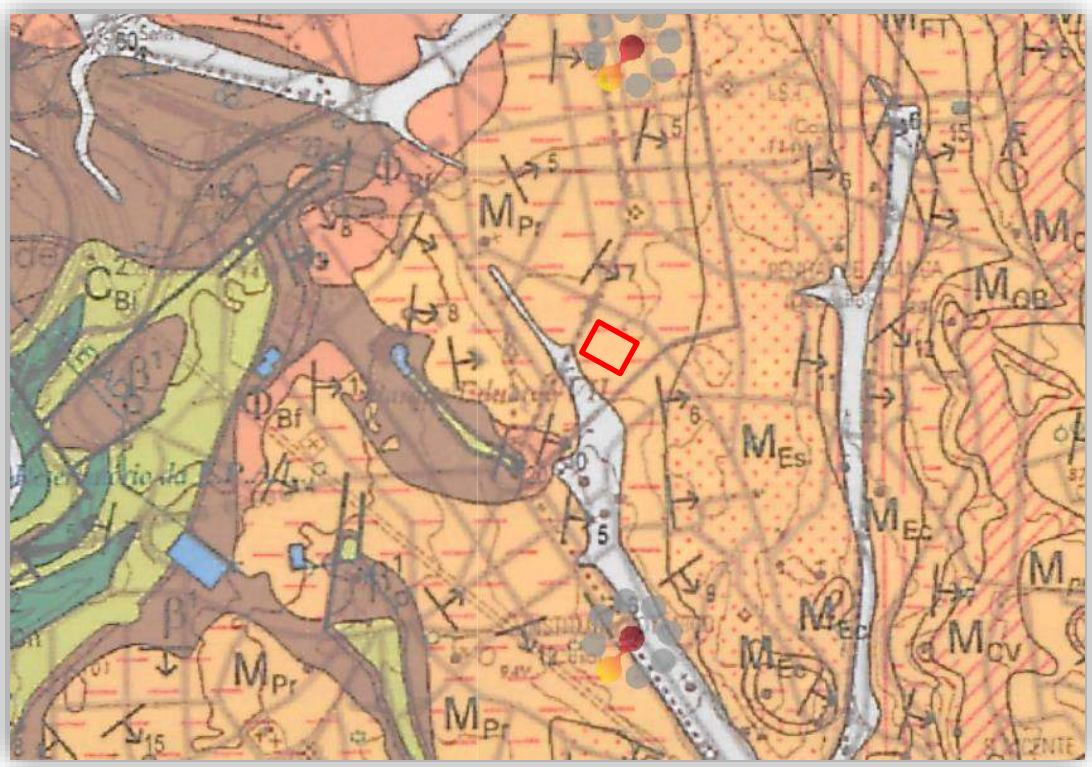
Logradouro ao nível do piso -1

Índice

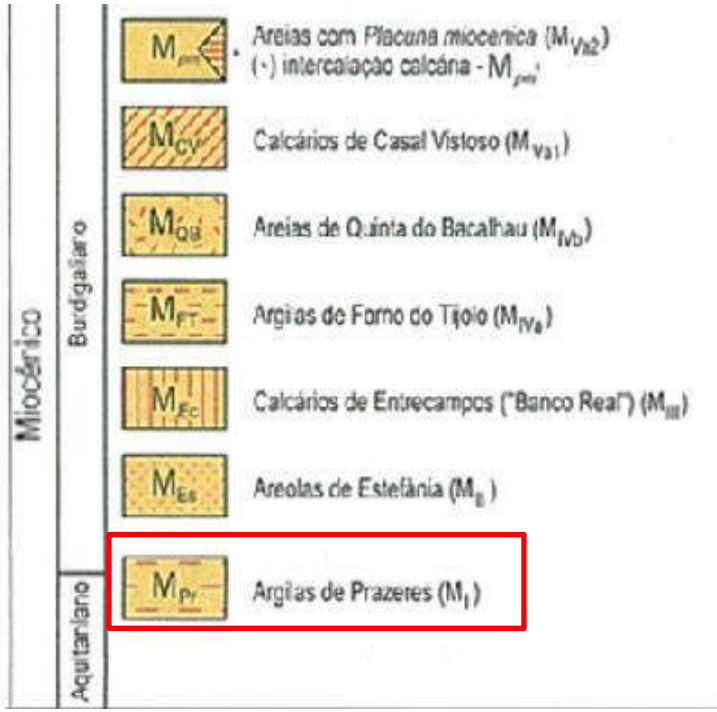
- INTRODUÇÃO
- **CONDICIONANTES**
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos



Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 34D - Lisboa

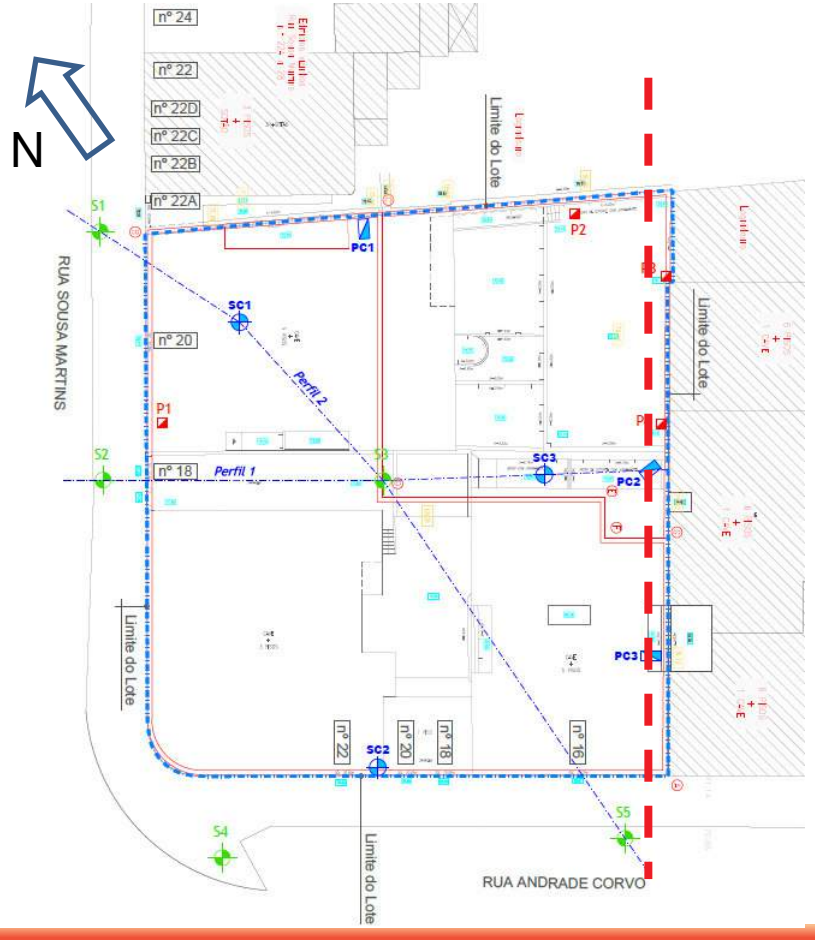


Miocénico de Lisboa

Argilas e Calcários dos Prazeres

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos



Campanha de Prospeção

- ✓ 8 x furos de sondagem
- ✓ 3 x piezómetros
- ✓ 3 x poços de prospeção
- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

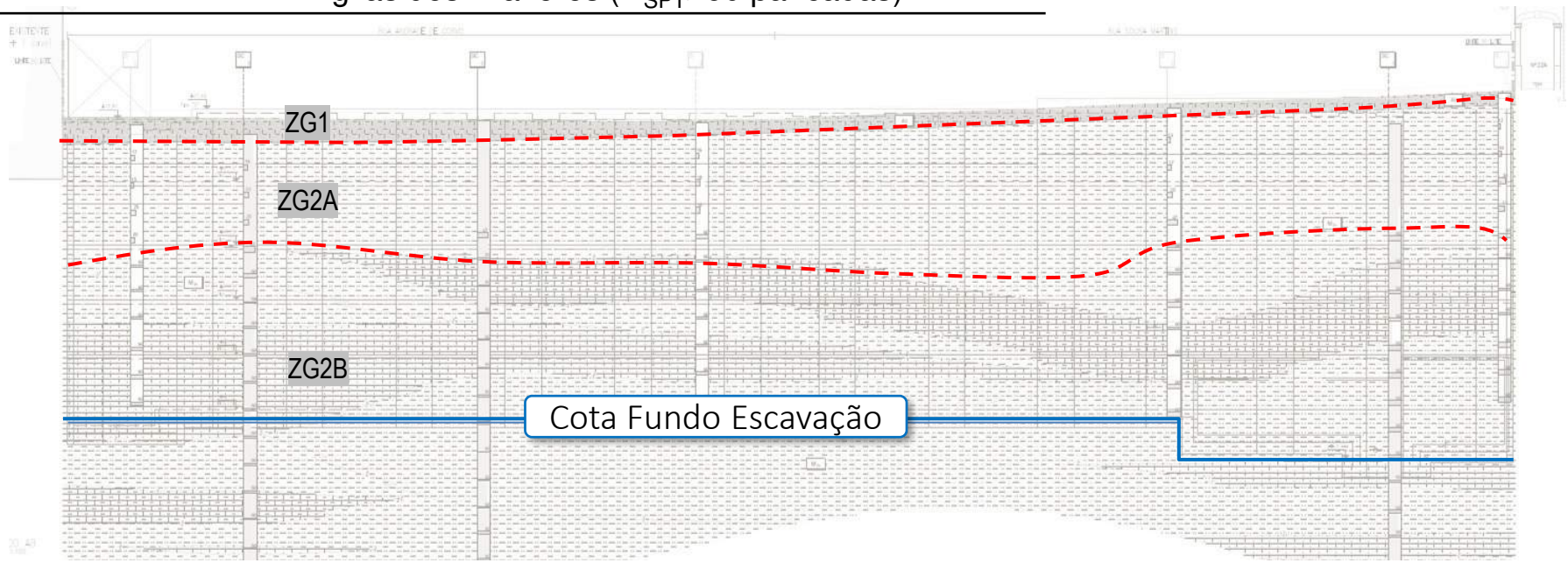
Parametrização Geomecânica

- ✓ Ensaio SPT
- ✓ Ensaios Laboratório

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Zona geotécnica	Formação
ZG1	At (N_{SPT}<10 pancadas)
ZG2A	M – Argilas dos Prazeres (12<N_{SPT}<53 pancadas)
ZG2B	M – Argilas dos Prazeres (N_{SPT}>60 pancadas)



Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Parametrização Geomecânica

✓ Ensaio SPT

✓ Ensaios Laboratório

Zona geotécnica	Formação	γ (kN/m3)	ϕ' (º)	c' (kPa)	Es [MPa]
ZG1	Aterros	17	0-5	27	8
ZG2A	Argilas Siltosas	19	5-25	27	15
ZG2B	Argilas Siltosas com concreções carbonatadas e calcários margosos	21	20-30	33	50

Introdução

- Condições de Vizinhança

Edifícios em Alvenaria de Pedra parcialmente demolidos

Muro de Suporte em Alvenaria de Pedra

Condicionantes

- Condições de Vizinhança

Edifício em Alvenaria de Pedra

5 Pisos Elevados

Edifício da Santa Casa da Misericórdia de Lisboa

Condicionantes

- Condições de Vizinhança

Edifício em Betão Armado

8 Pisos Elevados

1 Piso Enterrado

Edifício da Portugal Telecom

Condicionantes

- Condições de Vizinhança

Condutas Gás

Condutas Água

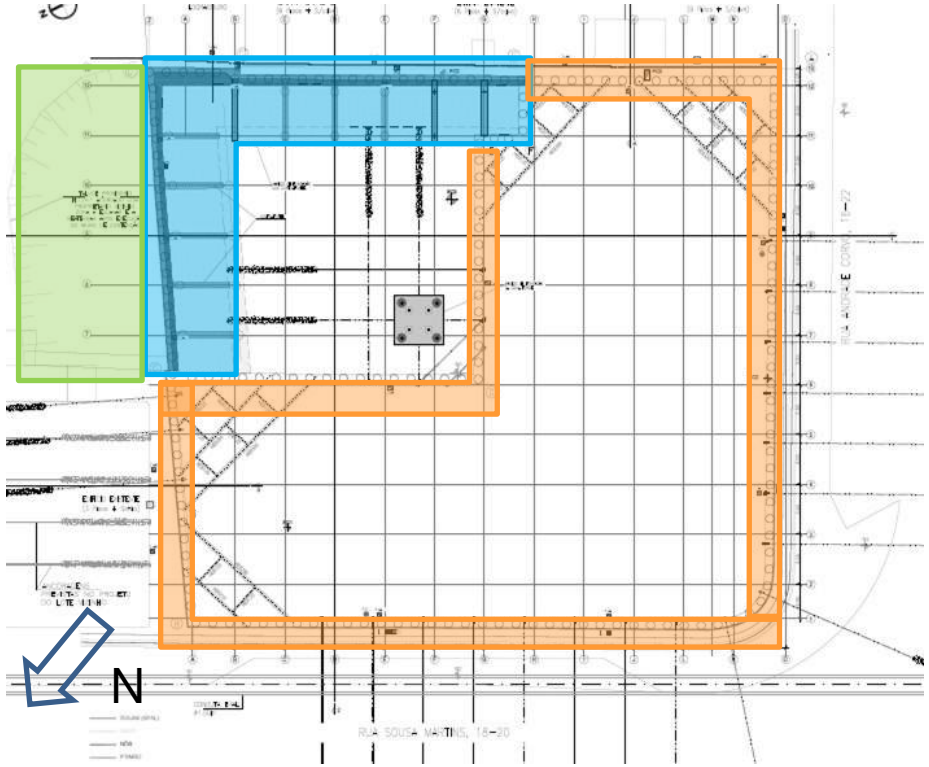
Cabos de Telecomunicações

Infraestruturas no Subsolo

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- **SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO**
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Solução de Escavação e Contenção



Escavação para Demolição do Muro de Suporte Existente

Escavação em Talude Provisório:

- Escavação em talude 1:1 (V:H)

Escavação para Materialização do Logradouro no Piso -1

Muros de Suporte:

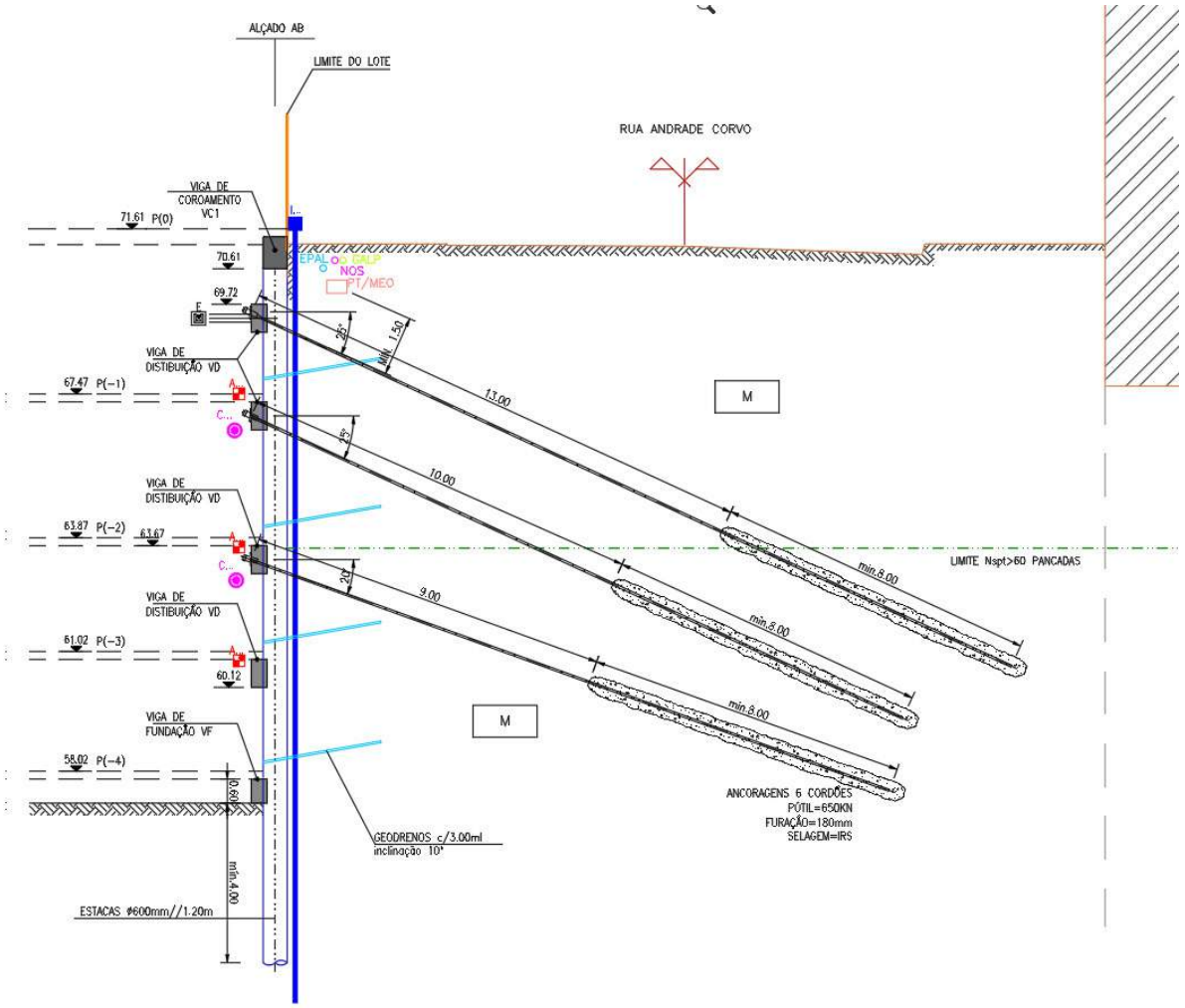
- Muro de Suporte em Betão Armado
- Contrafortes em Betão Armado
- Fundação por Estacas

Escavação para Execução dos 4 Pisos Enterrados

Estrutura de Contenção Periférica:

- Cortina de Estacas Ø600//1,20m
- Ancoragens Provisórias
- Escoras de Canto Metálicas

Solução de Escavação e Contenção

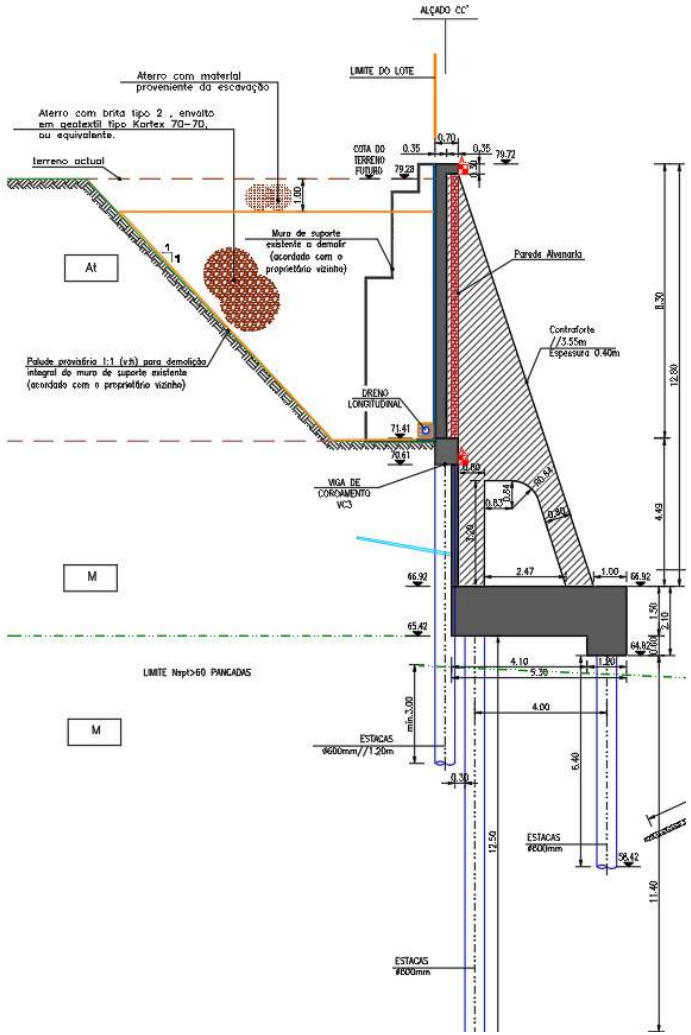


Escavação para Execução dos 4 Pisos Enterrados

Estrutura de Contenção Periférica:

- Cortina de Estacas Ø600//1,20m
- Ancoragens Provisórias
- Escoras de Canto Metálicas

Solução de Escavação e Contenção



Escavação para Materialização do Logradouro no Piso -1

Muros de Suporte:

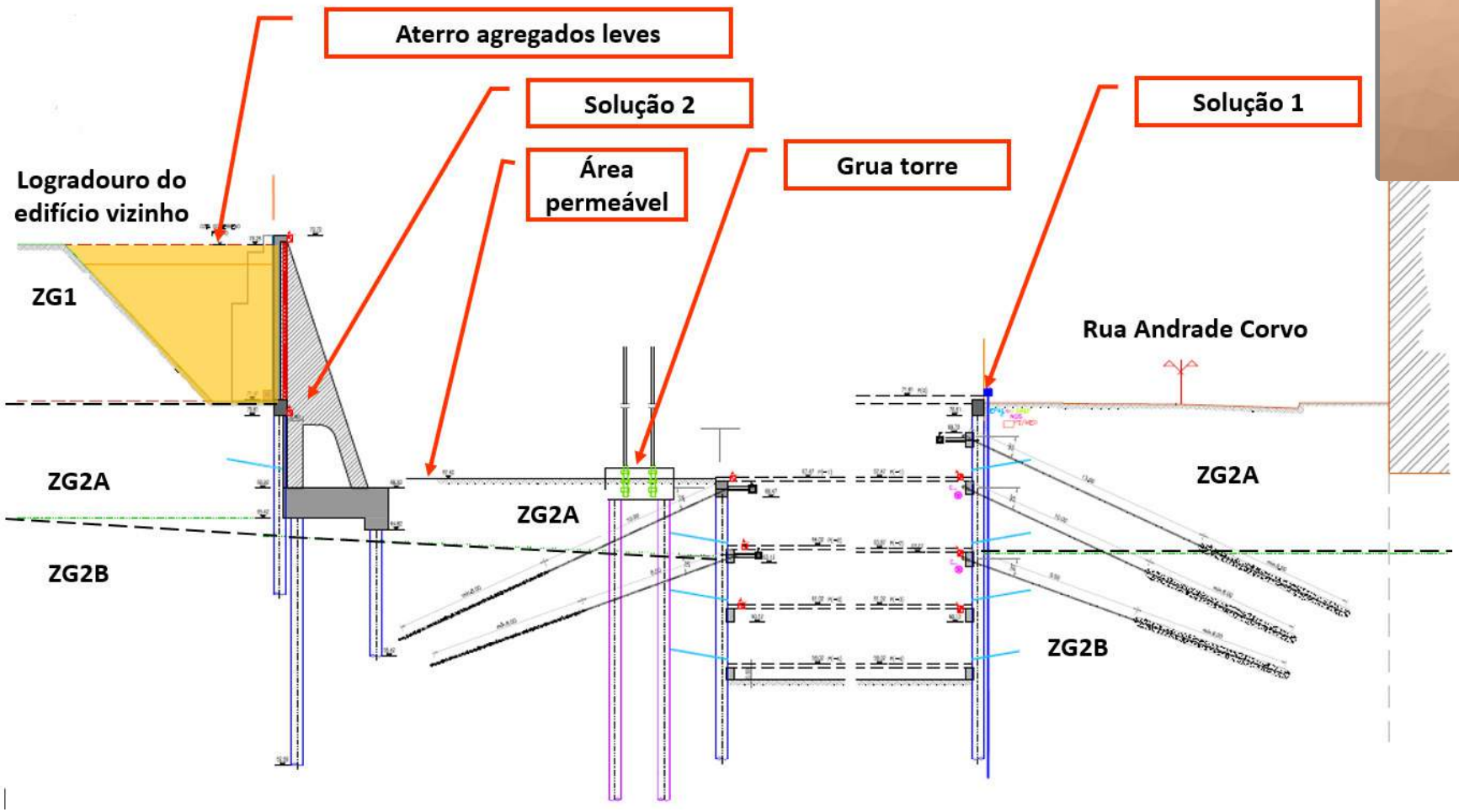
- Muro de Suporte em Betão Armado
- Contrafortes em Betão Armado
- Fundação por Estacas

Escavação para Demolição do Muro de Suporte Existente

Escavação em Talude Provisório:

- Escavação em talude 1:1 (V:H)

Solução de Escavação e Contenção



Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- **ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica e Dimensionamento

Verificações de Estado Limite Último

Cortina de estacas em betão armado:
- ✓ Flexão
- ✓ Esforço Transverso
- ✓ Capacidade de Carga do Terreno

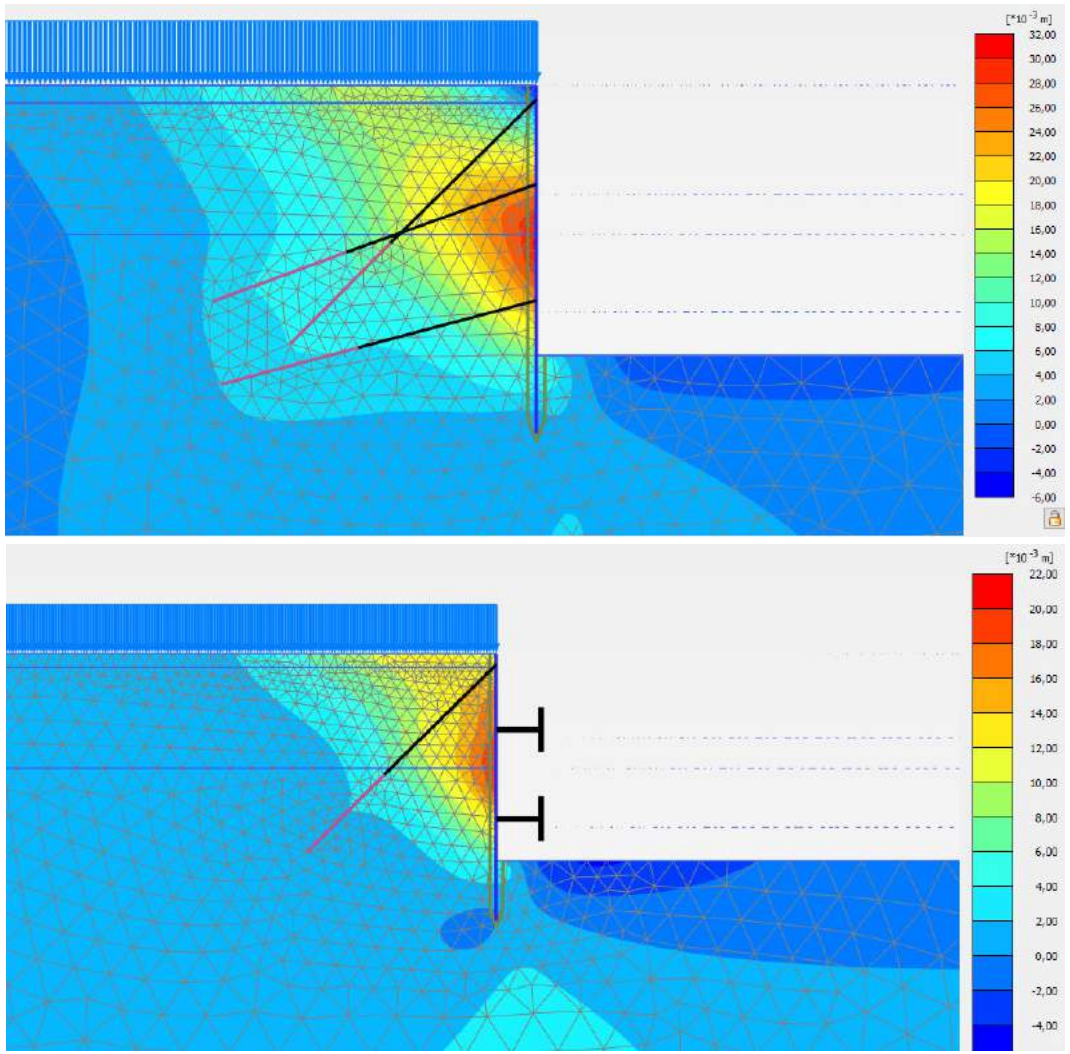
Ancoragens provisórias:
- ✓ Seção aço – Esforço Axial de Tração
- ✓ Selagem – Capacidade de Carga do Terreno

Tirantes provisórios:
- ✓ Seção aço – Esforço Axial de Tração

Vigas de coroamento e de distribuição:
- ✓ Flexão
- ✓ Esforço Transverso

Escoras de canto provisórias:
- ✓ Encurvadura por esforço axial

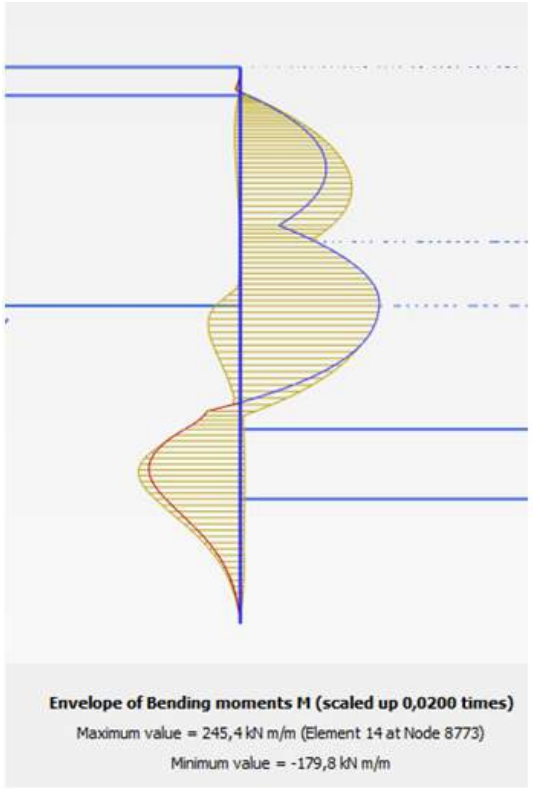
Análise Numérica e Dimensionamento

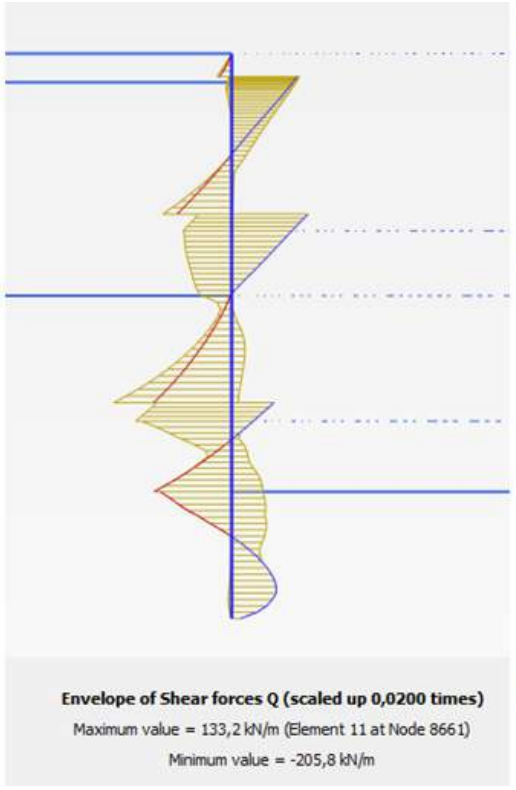


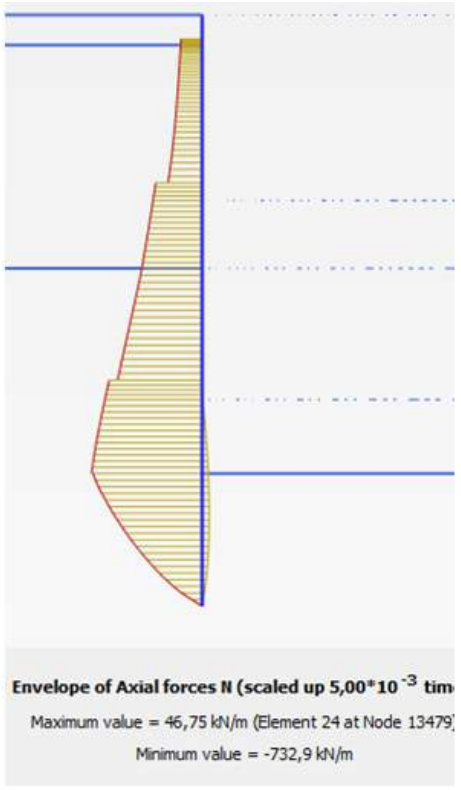
Δux, máx=32mm

- ✓ Modelos bidimensionais
- ✓ Software Plaxis 2D
- ✓ Estimativa de esforços e deformações
- ✓ Modelação do faseamento construtivo

Análise Numérica e Dimensionamento



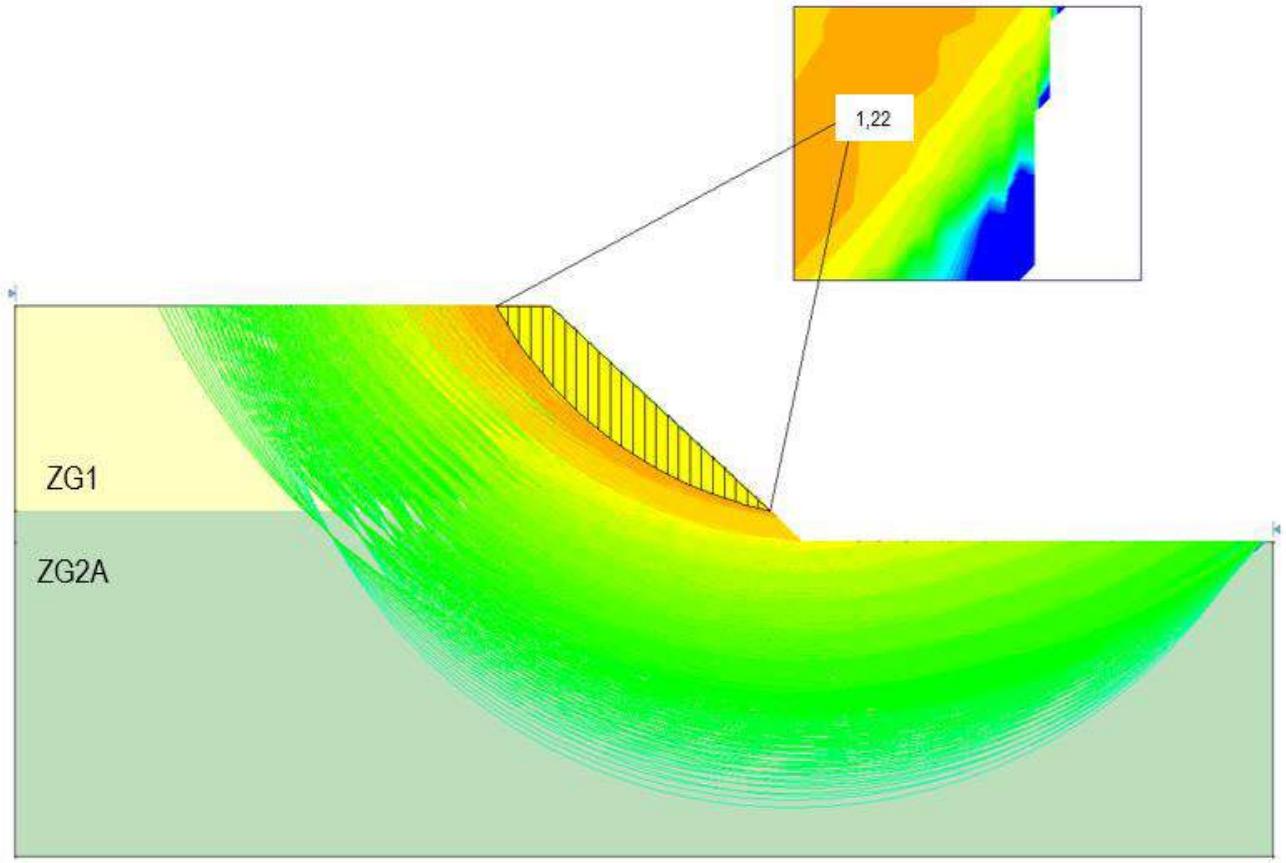




- ✓ Modelos bidimensionais
- ✓ Software Plaxis 2D
- ✓ Estimativa de esforços e deformações
- ✓ Modelação do faseamento construtivo

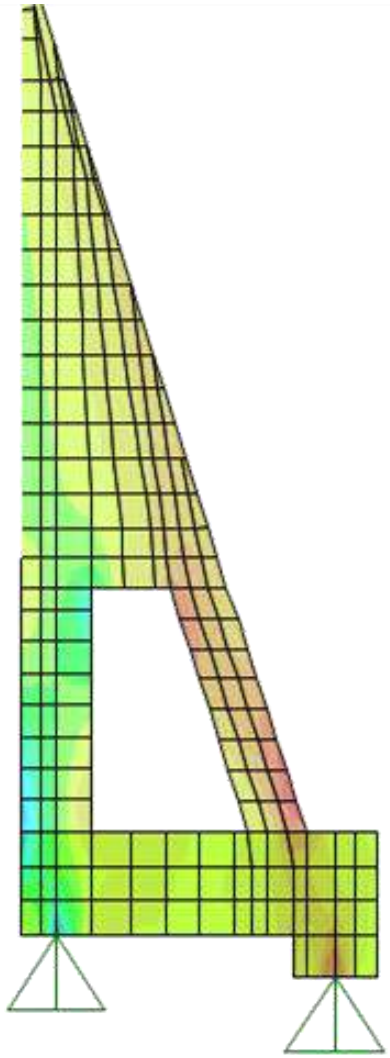
Mmáx=245 kNm/m x 1,2m x 1,35 =397 kNm /estaca

Análise Numérica e Dimensionamento



- ✓ Método Equilíbrio Limite
- ✓ Software Slide
- ✓ Inclinação talude 1:1 (V:H)
- ✓ Fs,mínimo=1,20

Análise Numérica e Dimensionamento



✓ Software SAP2000

Muros de Suporte

<u>Dimensionamento do Paramento Muro e Contrafortes:</u>

- ✓ Estado limite último de resistência à flexão
- ✓ Estado limite último de resistência ao corte
- ✓ Estado limite de utilização de deformação horizontal

<u>Dimensionamento Estacas:</u>

- ✓ Estado limite último de capacidade de carga do terreno

<u>Estabilidade Global:</u>

- ✓ <u>Deslizamento</u>
- ✓ <u>Derrubamento</u>
- ✓ <u>Capacidade de Carga</u>

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação

Dispositivos de Instrumentação

Inclinómetro

Alvo Topográfico

Célula de Carga

Piezómetro

OBJETIVO

- ✓ Avaliar o comportamento dos edifícios vizinhos
- ✓ Avaliar o comportamento das estruturas de contenção e muros de suporte
- ✓ Validação dos pressupostos assumidos em fase de projeto

Gestão do risco

Implementação atempada de medidas de reforço

Plano de Instrumentação e Observação

<u>Monitorização do Comportamento dos Edifícios Vizinhos:</u>

15 alvos topográficos

2 sismógrafos

<u>Monitorização do Comportamento das Estruturas de Contenção:</u>

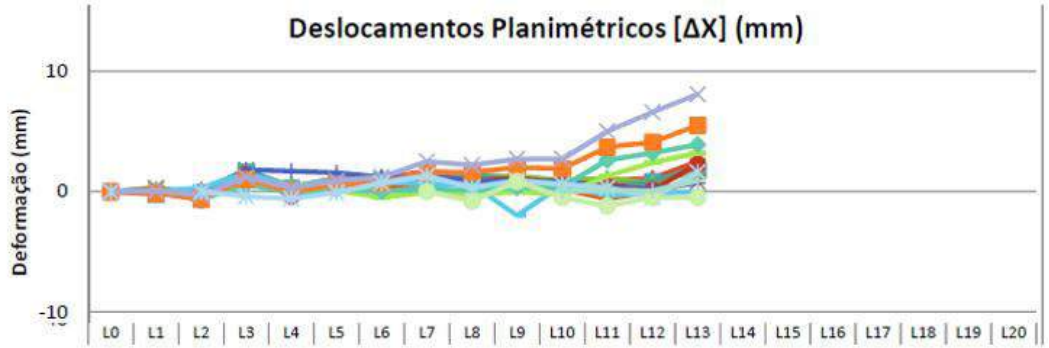
38 alvos topográficos

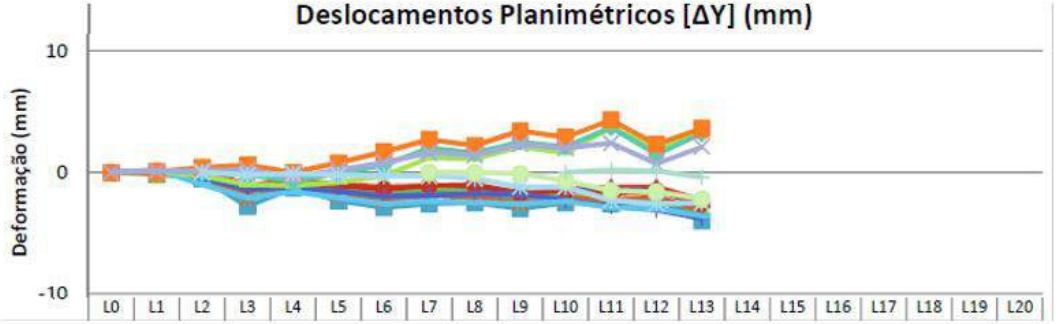
1 inclinómetro

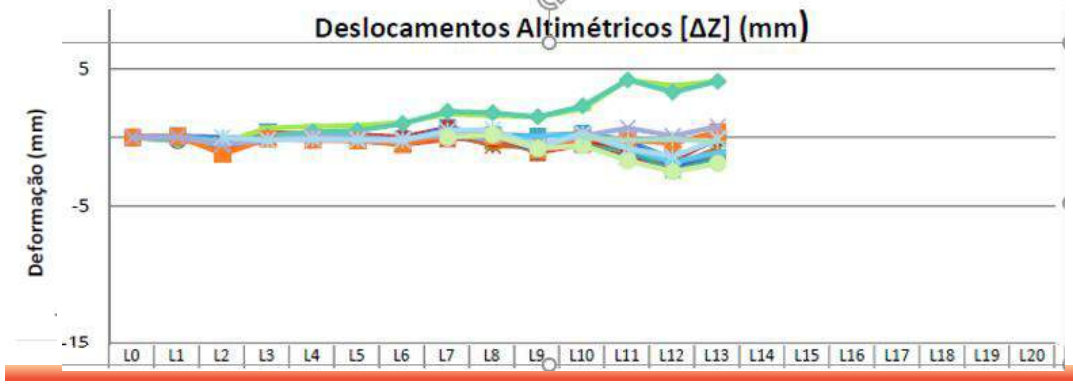
1 piezómetro

4 células de carga

Plano de Instrumentação e Observação

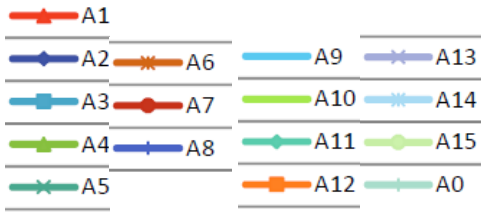


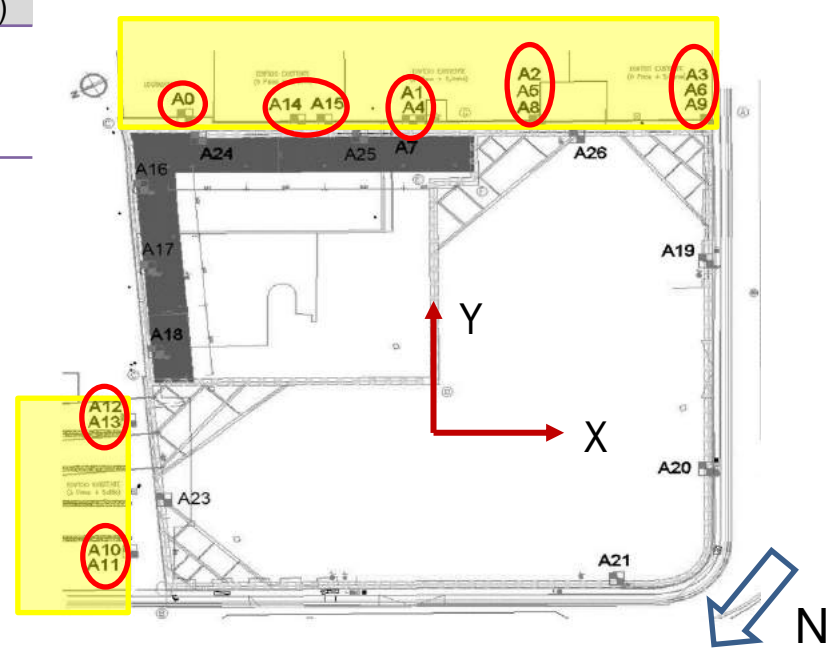




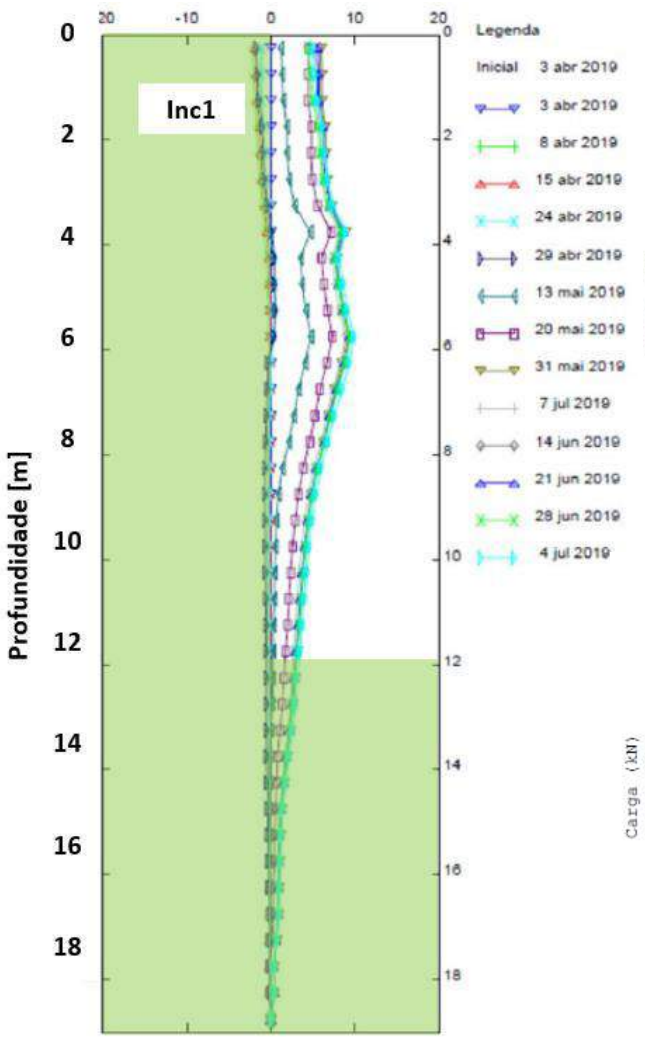
✓ Edifícios Vizinhos

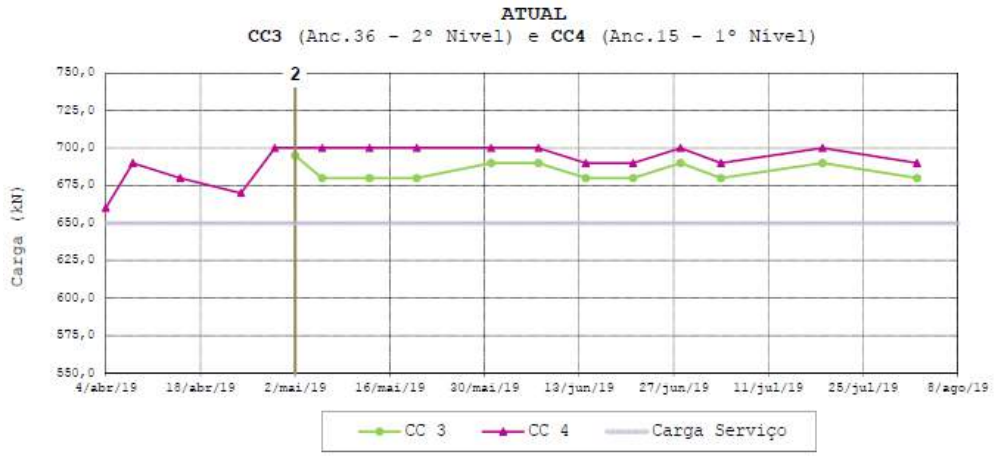
Critério	Δux/uy (mm)	Δuz (mm)
Alerta	20	15
Alarme	30	25

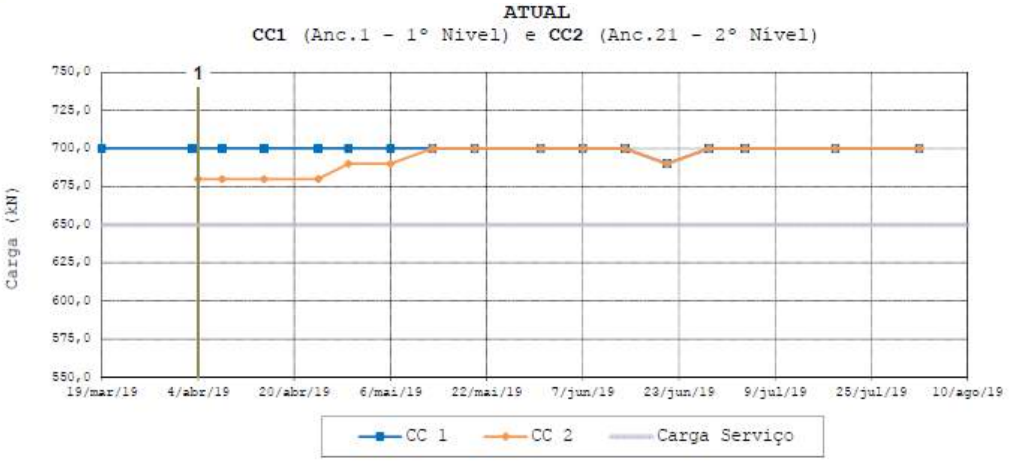




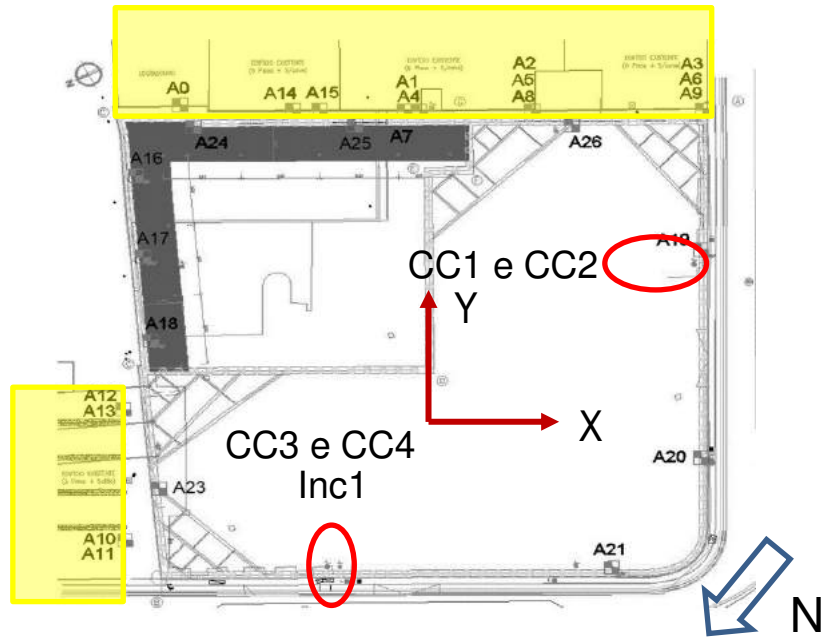
Plano de Instrumentação e Observação







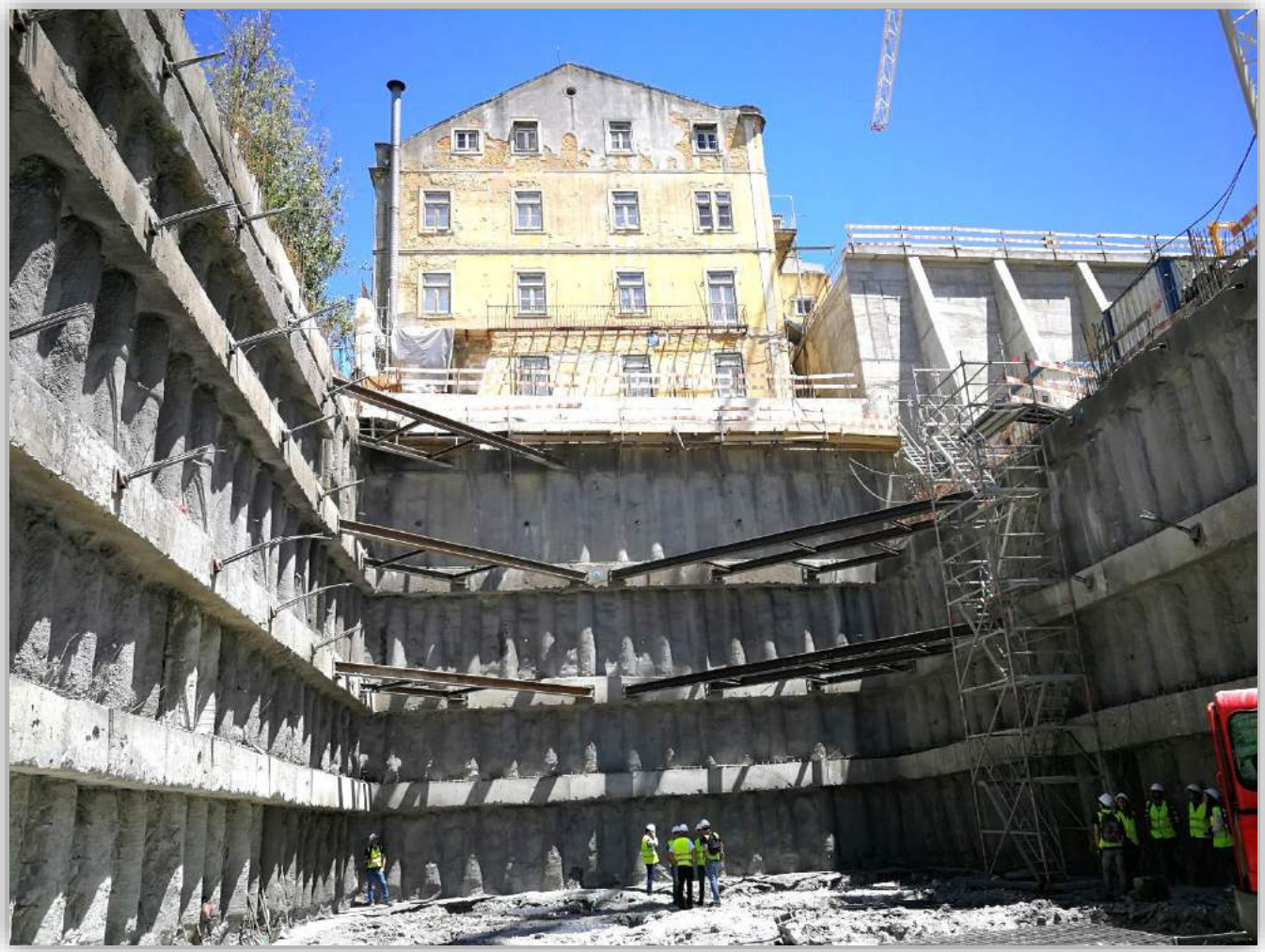
✓ Estrutura de Contenção



Índice

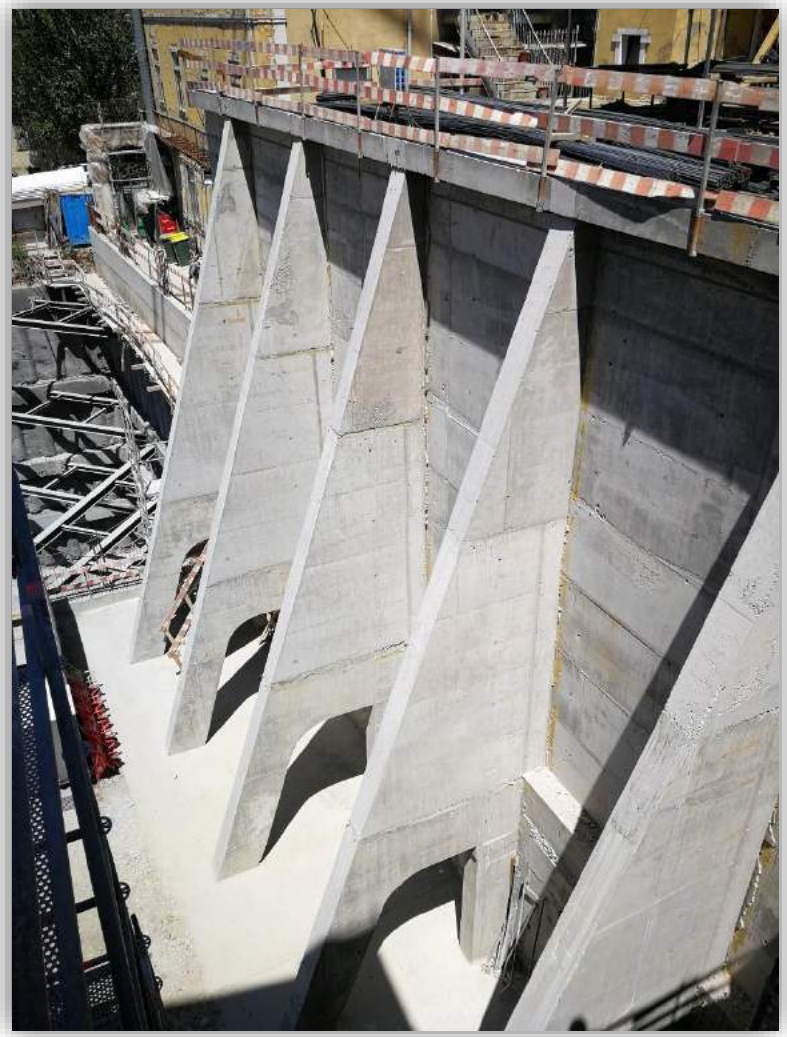
- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais



Considerações Finais

Considerações Finais



Considerações Finais

Importância da avaliação prévia das **Condicionantes Locais** (Arquitetura, Edifícios Vizinhos e Infraestruturas no sub-solo)

Importância da realização de um **Estudo Geológico Geotécnico** que caracteriza os terrenos em profundidade

Importância do **Plano de Instrumentação de Observação**, ferramenta indispensável para a gestão do risco

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

INFINITY TOWER – SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO PROFUNDA E COMPLEXA, EM LISBOA

FARTARIA, Catarina
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

INFINITY TOWER – SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO PROFUNDA E COMPLEXA, EM LISBOA

Fartaria, Catarina, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal,* cfartaria@jetsj.com
Pinto, Alexandre, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal,* apinto@jetsj.com
Pisco, Guilherme

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Introdução

Características do Edifício

- ✓ Área de implantação 4600m2
- ✓ Número de pisos elevados: 26
- ✓ Número de caves: 4

Introdução

Características do Edifício

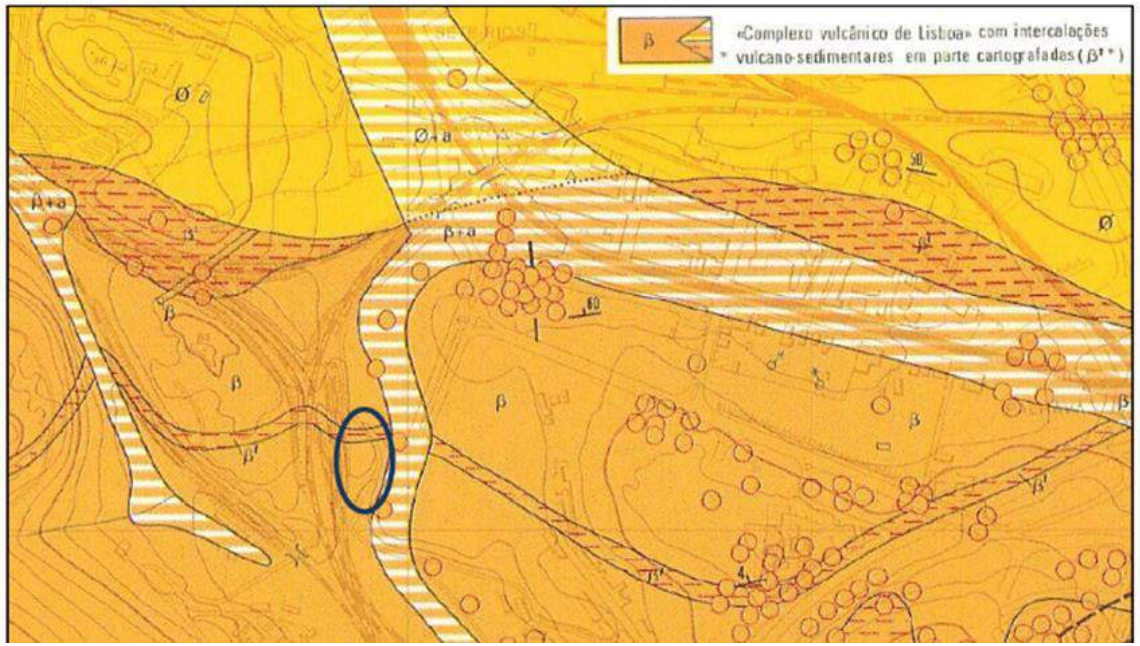
- ✓ Área de implantação 4600m2
- ✓ Número de pisos elevados: 26
- ✓ Número de caves: 4

Índice

- INTRODUÇÃO
- **CONDICIONANTES**
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

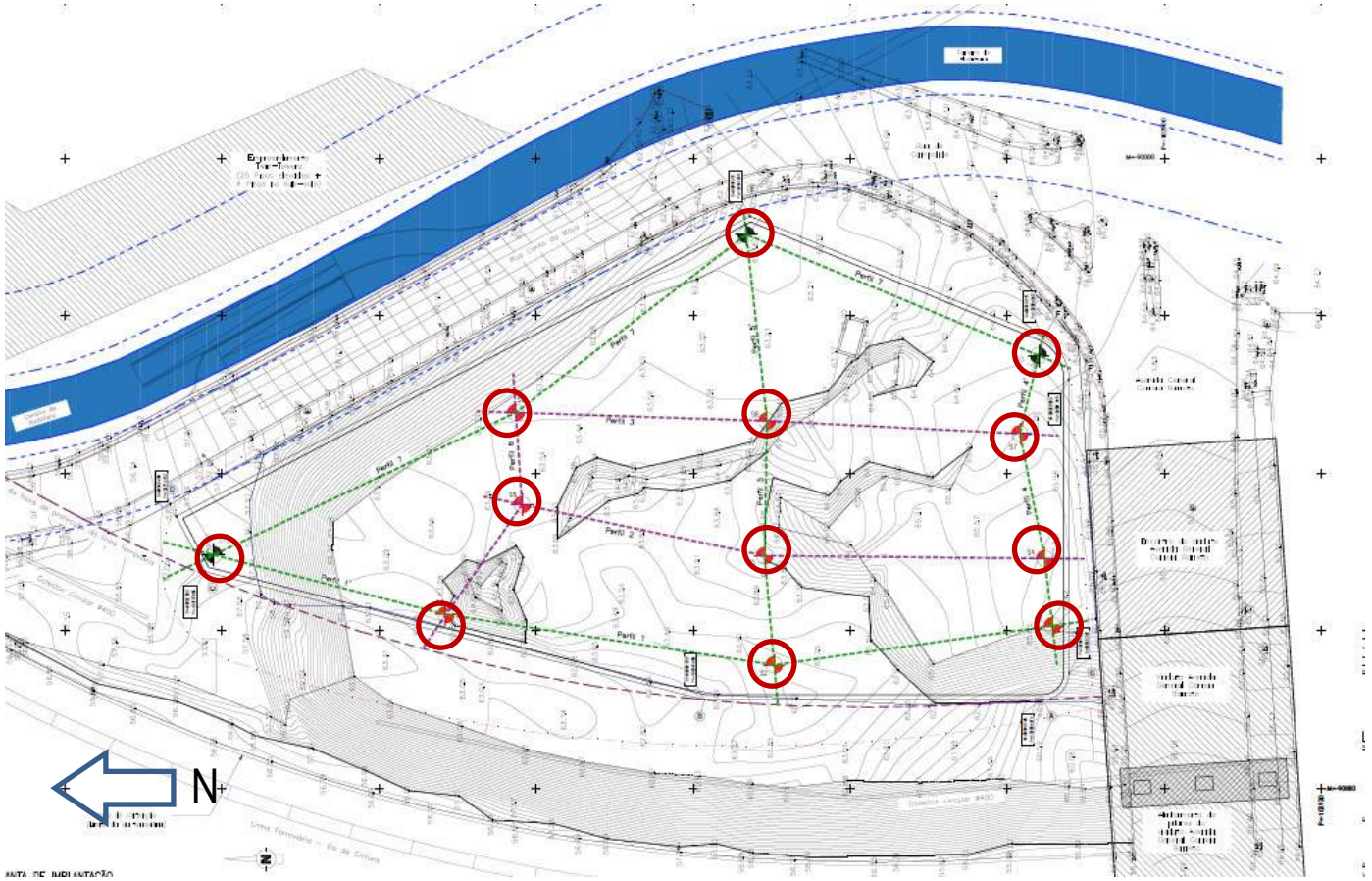


Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 34D - Lisboa

Complexo Vulcânico de Lisboa com intercalações Vulcano sedimentares

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos



Campanha de Prospeção

- ✓ 13 x furos de sondagem
- ✓ 2 x piezómetros
- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Condicionantes

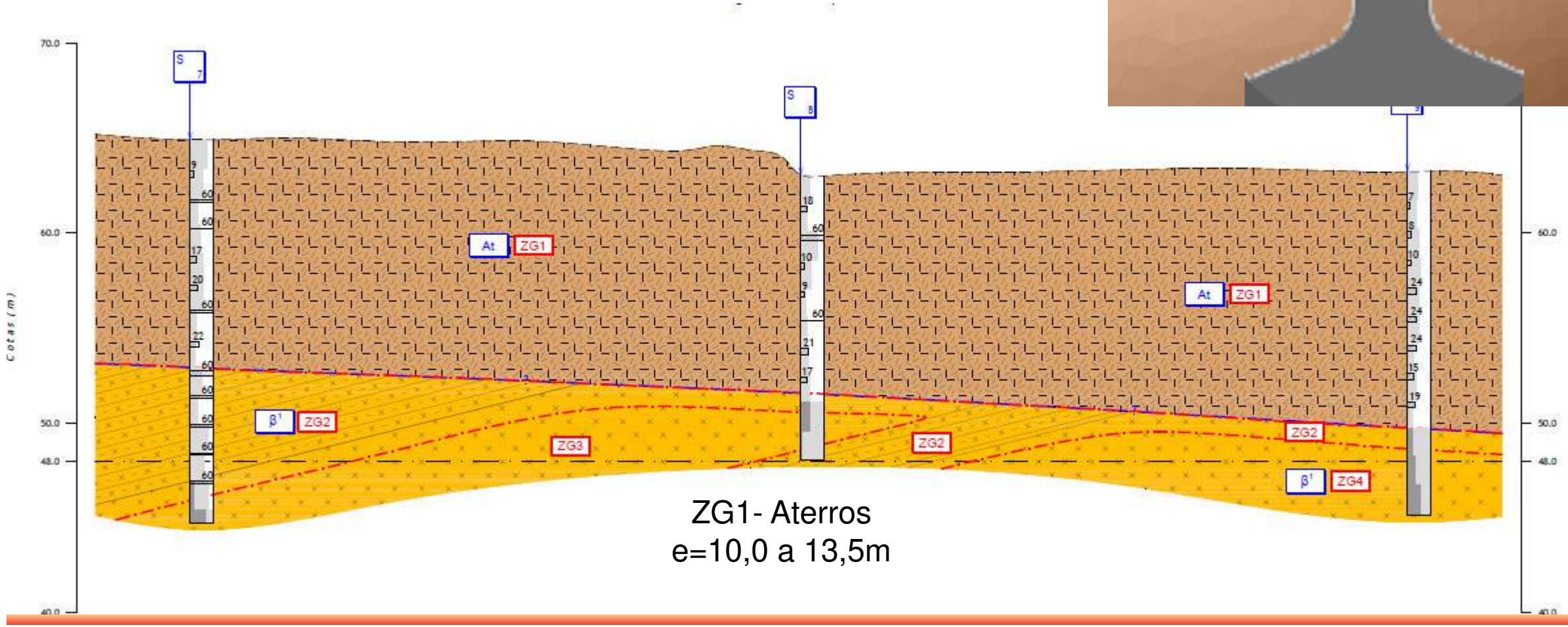
- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos



ZG1- Aterros
e=10,0 a 13,5m

Condicionantes

- Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

ZG	Descrição	γ (kN/m³)	∅ (º)	c' (kPa)	E' (MPa)
ZG1	Aterros heterogéneos (5≤NSPT≤17)	18	30	0	15
ZG2	Tufos piroclásticos finos e brechas vulcânicas intercalados com basaltos W4 a W3-4; F5 a F4-5 com recuperação entre 60% e 100% e RQD=0%	22	33	50	65
ZG3	Basalto W3 e W3-2; F4 a F4-5 com recuperação de 90% e 20% ≤RQD≤75% com níveis de basalto W3-2; F4-5 com recuperação de 100% e 47%≤RQD≤74%	22	37	80	120
ZG4	Basalto W3-2 e F4-3, com recuperação de 100% 56%≤RQD≤76%	22	45	100	150

Parametrização Geomecânica

- ✓ Ensaios SPT em Profundidade
- ✓ Ensaios Laboratoriais

Introdução

- Condições de Vizinhança

✓ Rua Canto da Maya e condomínio Twin Towers (4 pisos enterrados), a Nascente e a Norte. Sob este arruamento localiza-se o Caneiro de Alcântara

✓ Rua de Campolide, a Nascente. Sob este arruamento localiza-se o Caneiro de Alcântara

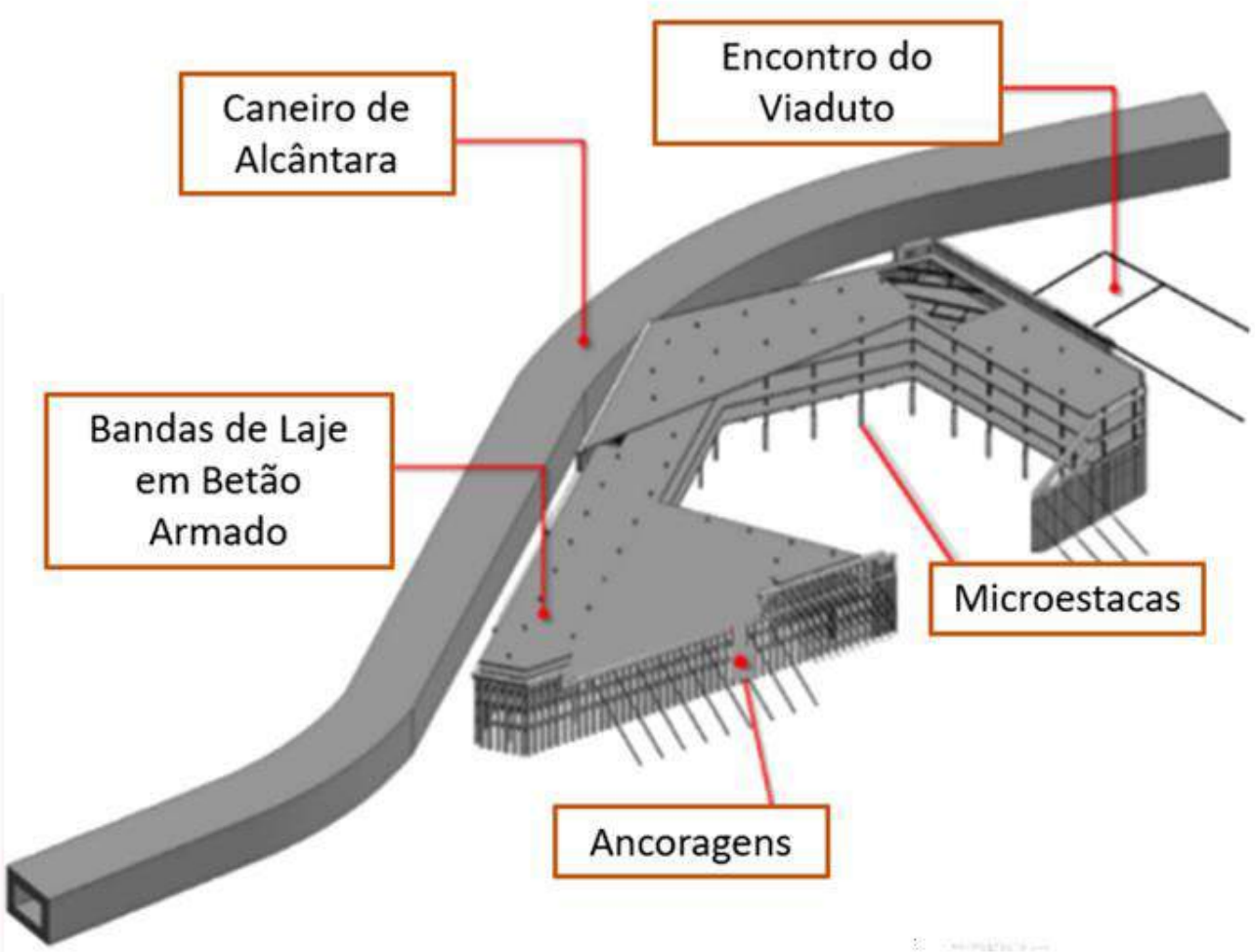
✓ Via-férrea – Linha da Cintura de Lisboa, a Poente

✓ Avenida General Correia Barreto e Viaduto Rodoviário de acesso ao Eixo Norte Sul, a Sul.

Índice

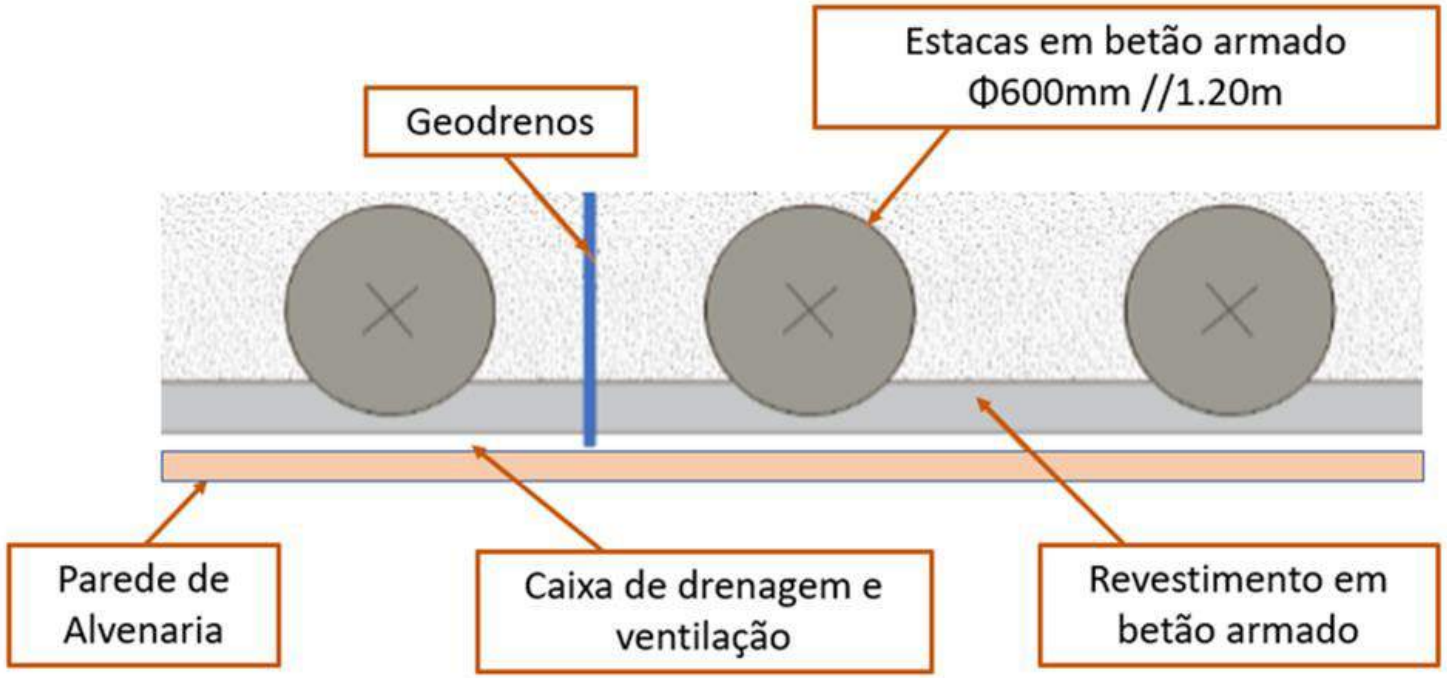
- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- **SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO**
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Solução de Escavação e Contenção



- ✓ Cortina de Estacas em Betão Armado
- ✓ Bandas de Laje a integrar na Estrutura Definitiva
- ✓ Ancoragens
- ✓ Microestacas de apoio vertical das Bandas de Laje

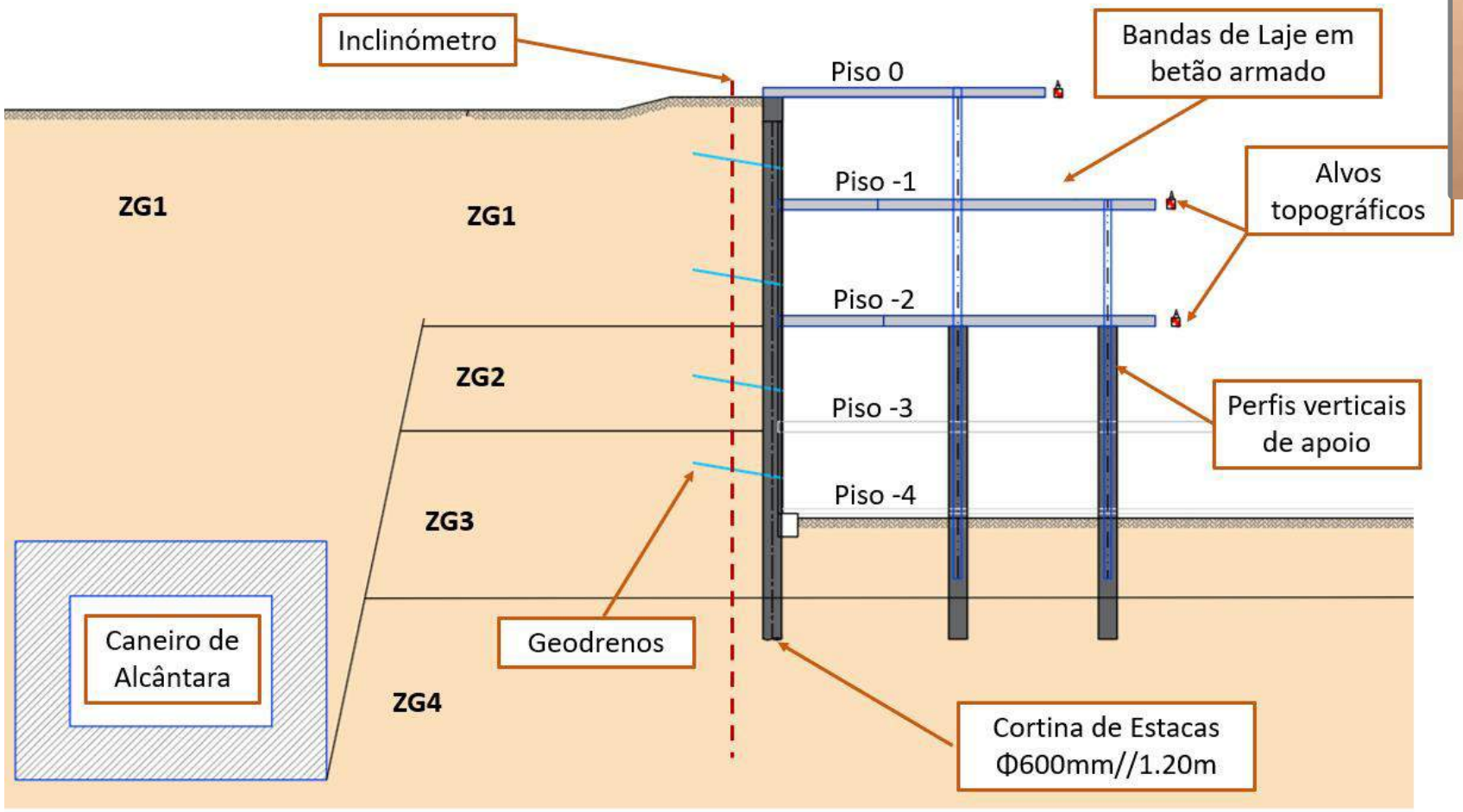
Solução de Escavação e Contenção



Cortina de Contenção a Integrar na Estrutura Definitiva

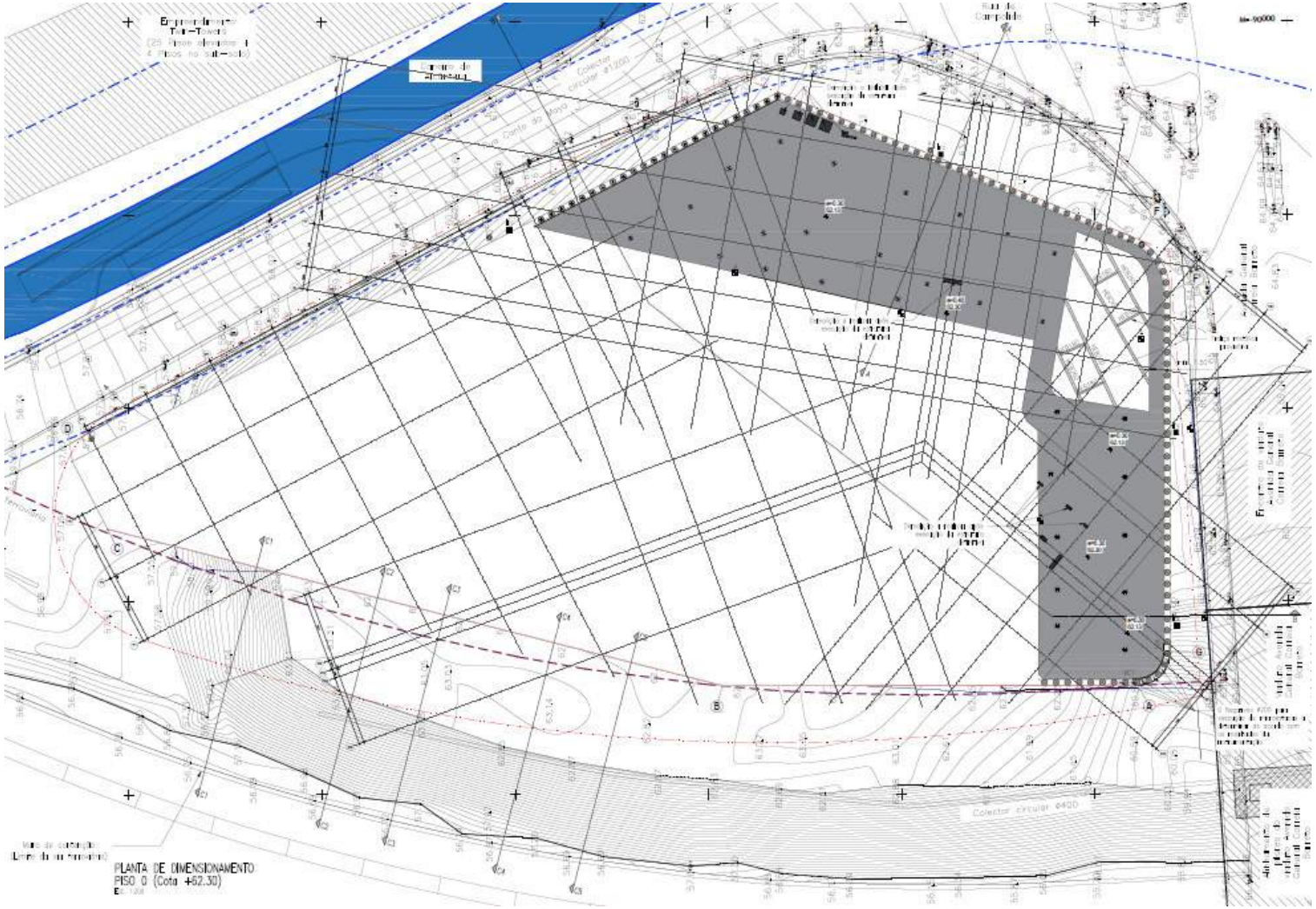
- ✓ Estacas em Betão Armado Ø600//1,20
- ✓ Revestimento em Betão Armado
- ✓ Geodrenos Semi-Profundos
- ✓ Caixa de Ventilação
- ✓ Parede Não Estrutural

Solução de Escavação e Contenção



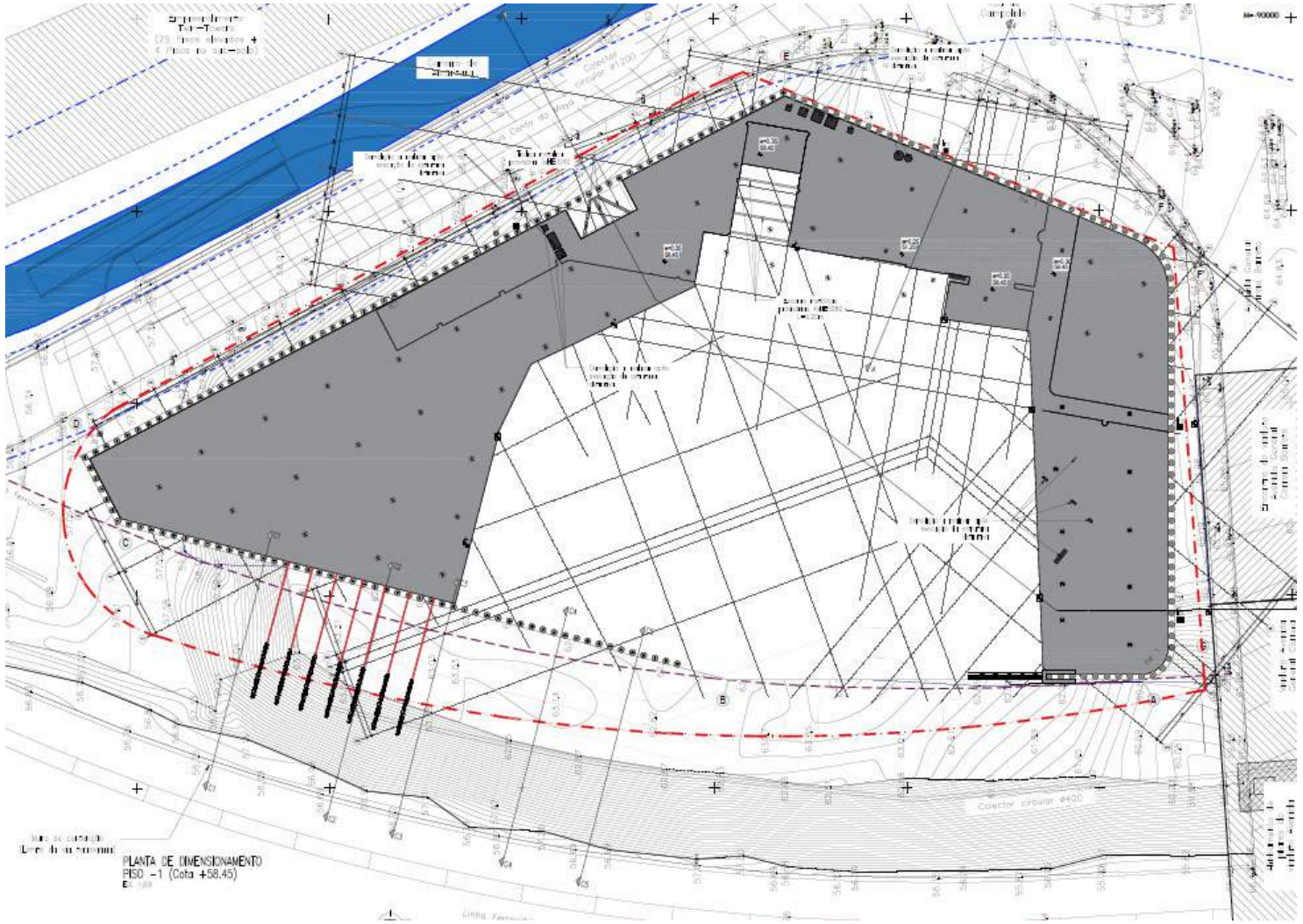
Faseamento Construtivo típico de uma solução em 'top-down'

Solução de Escavação e Contenção



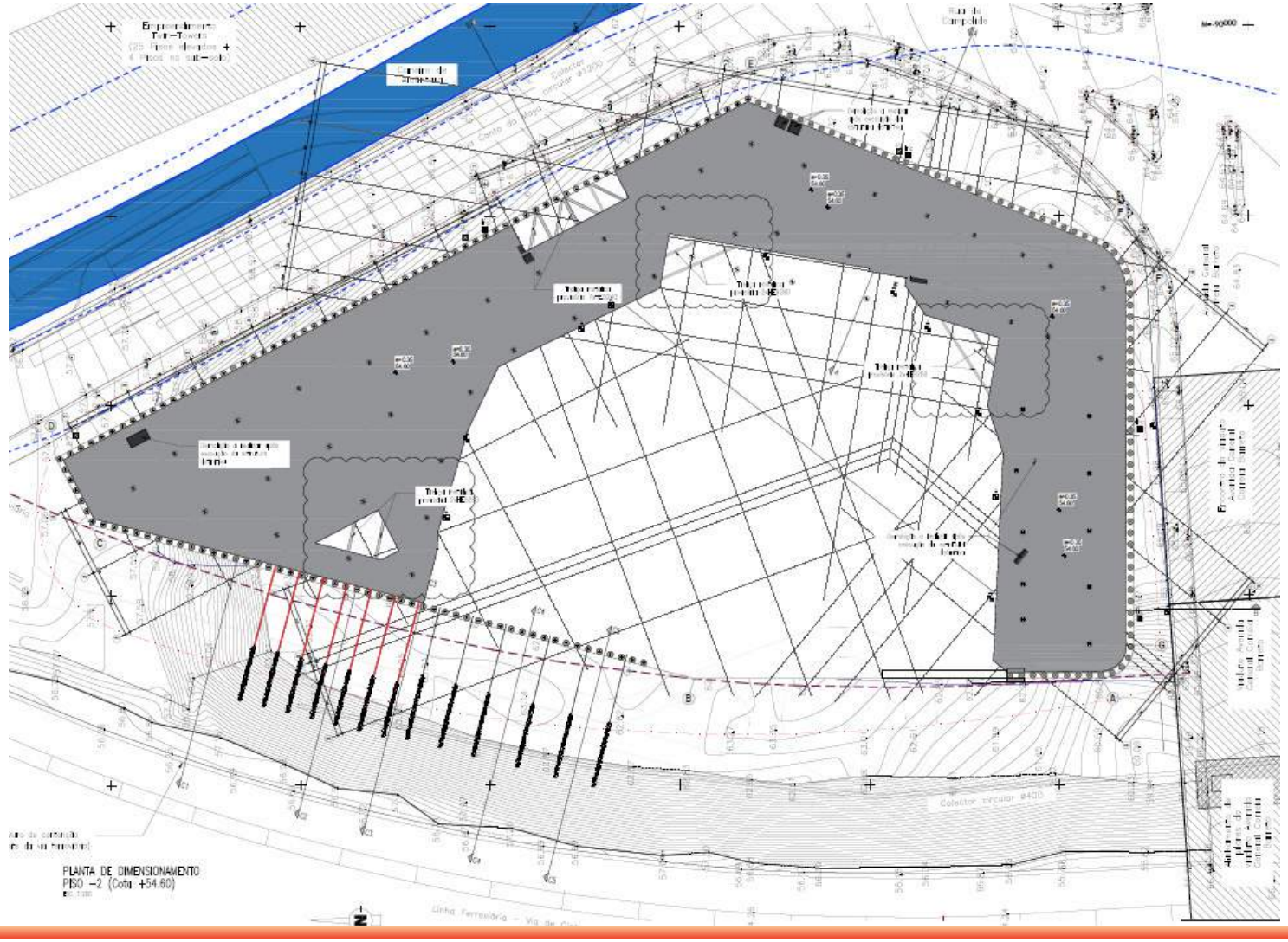
PISO 0

Solução de Escavação e Contenção



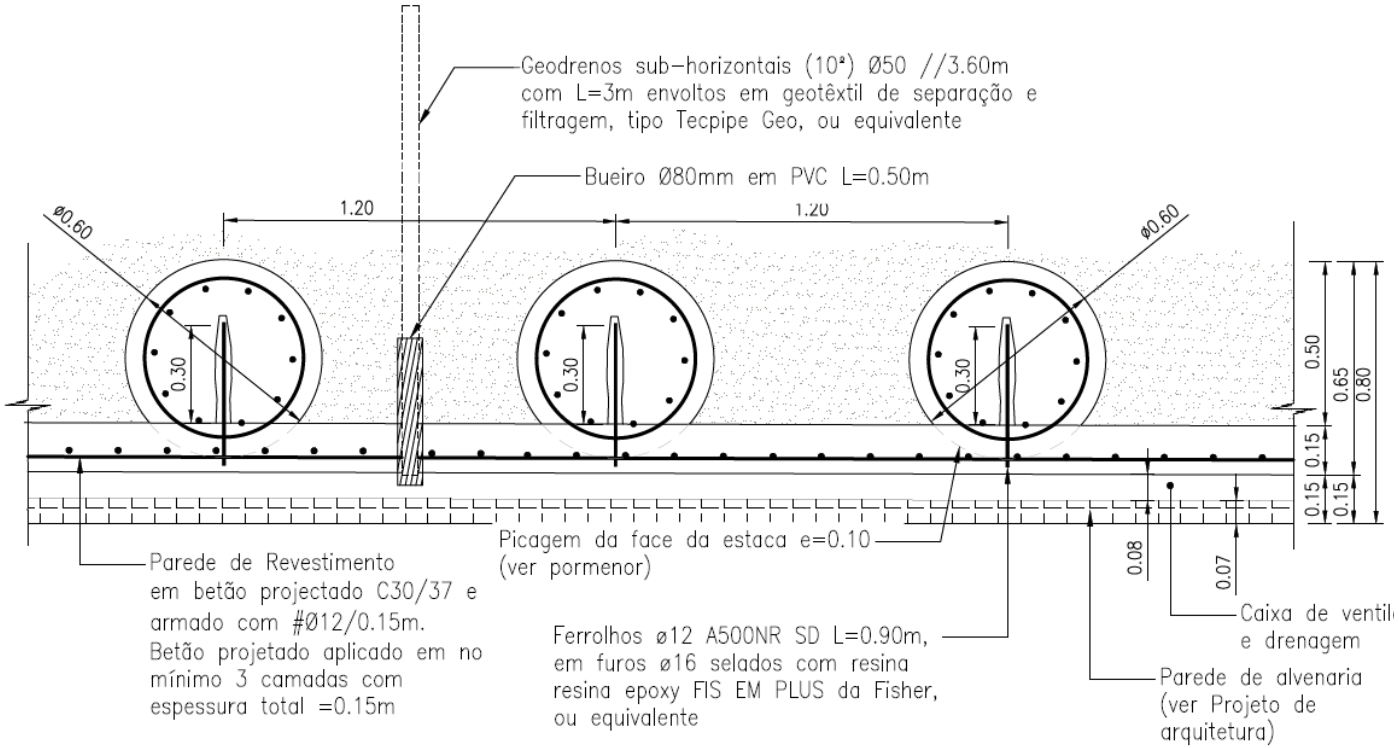
PISO -1

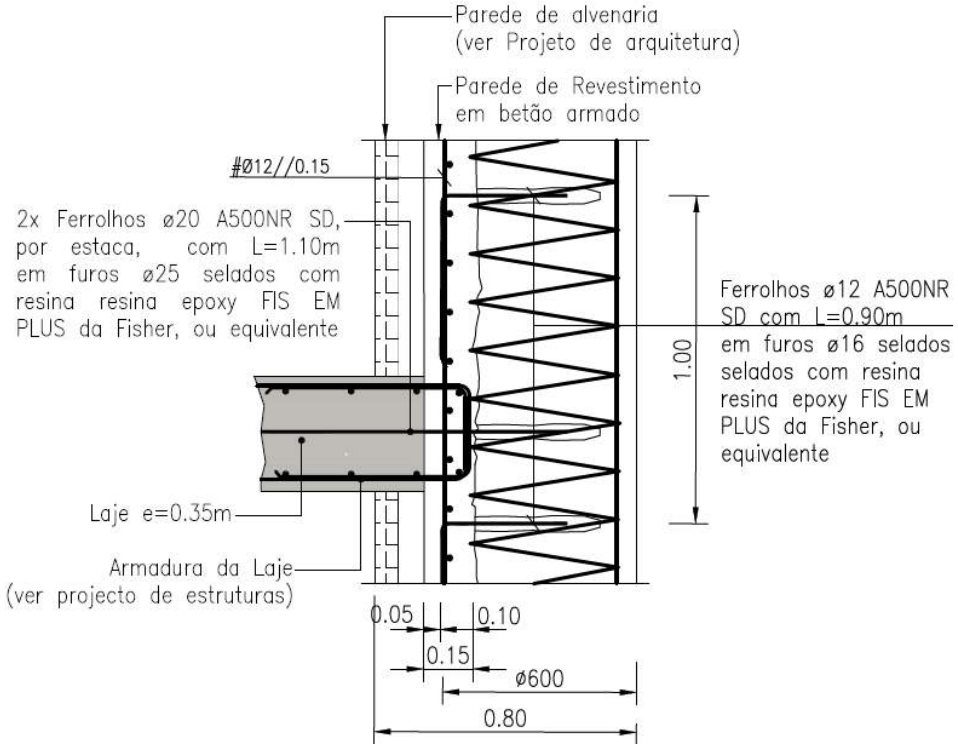
Solução de Escavação e Contenção



PISO -2

Solução de Escavação e Contenção

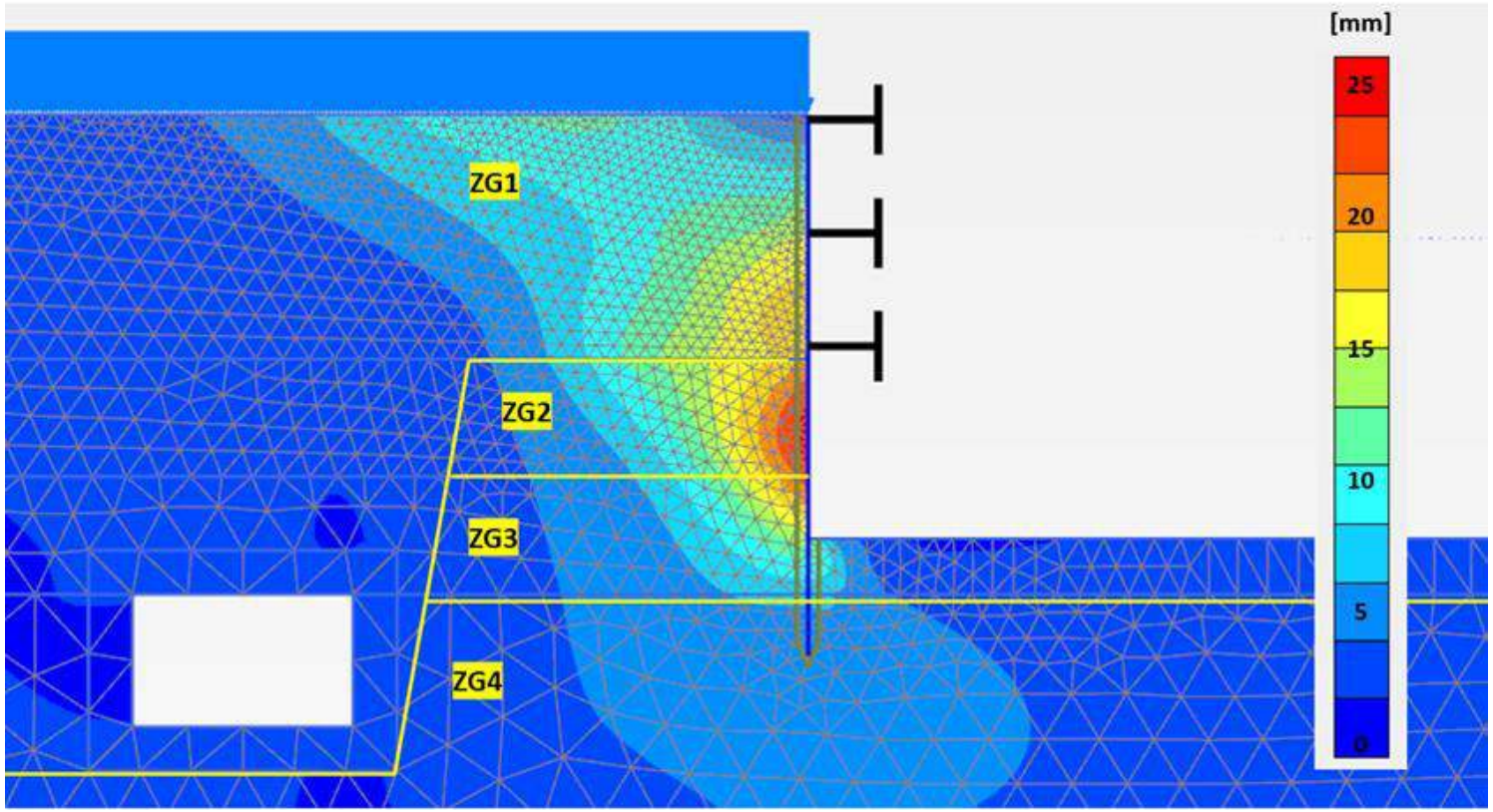




Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- **ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica e Dimensionamento

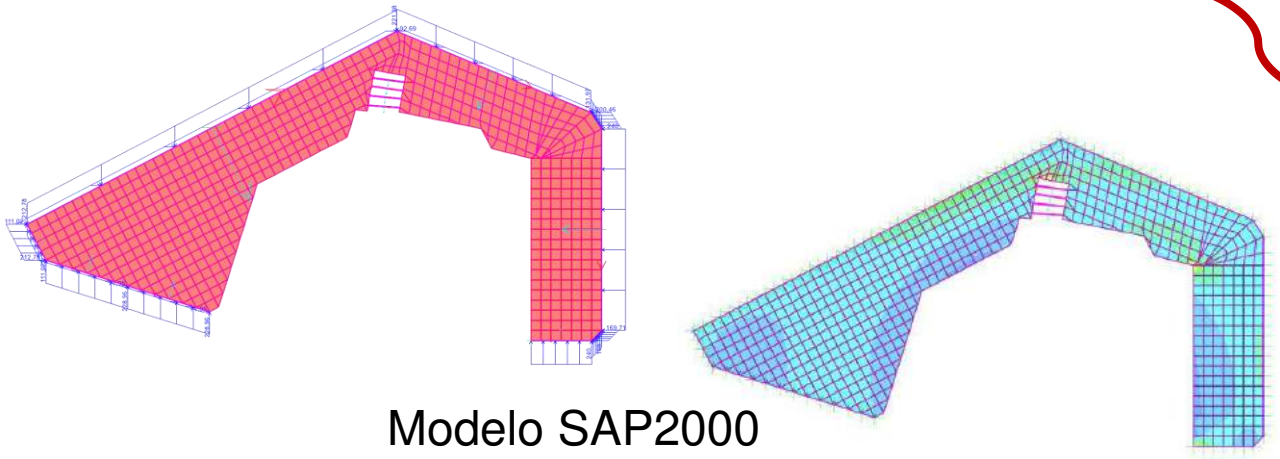


- ✓ Modelos bidimensionais
- ✓ Software Plaxis 2D
- ✓ Estimativa de esforços e deformações
- ✓ Modelação do faseamento construtivo

Análise Numérica e Dimensionamento

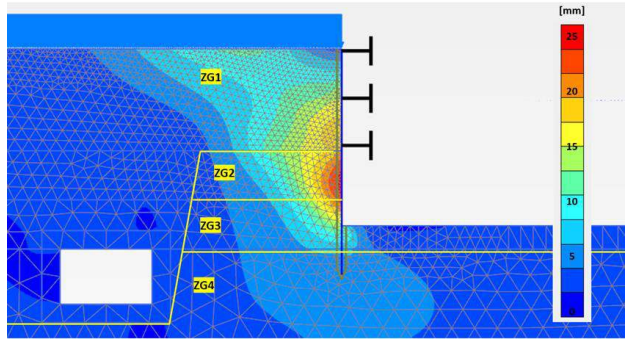
Modelo SAP2000

- ✓ Geometria da banda de laje
- ✓ Molas de rigidez linear equivalente ao solo (apenas compressão)
- ✓ Carga linear unitária P=100kN/m
- ✓ Determinação da deformação elástica
- ✓ Estimativa da rigidez equivalente de flexão



Modelo PLAXIS 2D

- ✓ Apoios com rigidez equivalente da banda de laje
- ✓ Determinação da carga linear ao nível do apoio



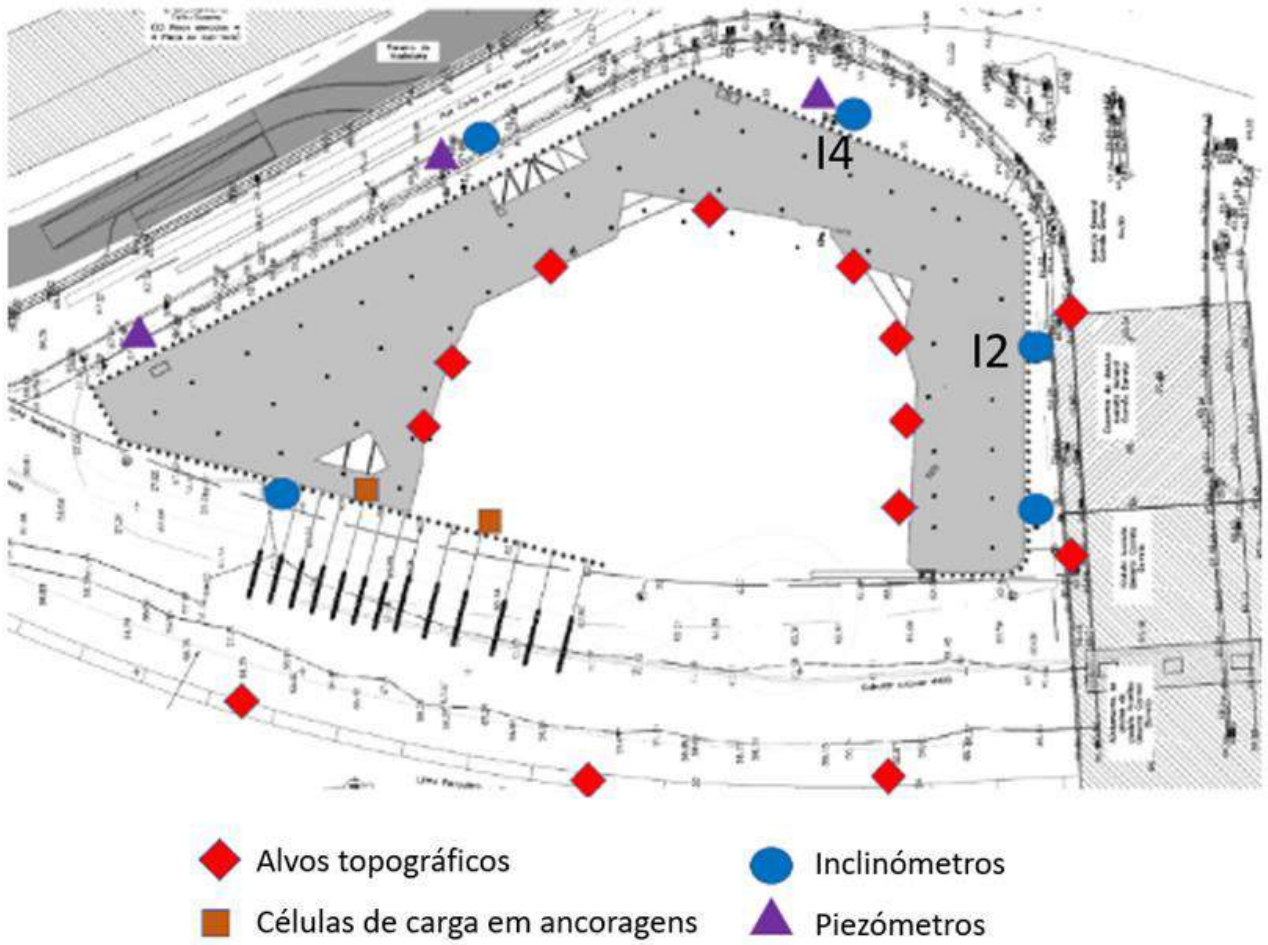
Modelo SAP2000

- ✓ Aplicação da carga linear no perímetro
- ✓ Determinação de esforços atuantes

Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação



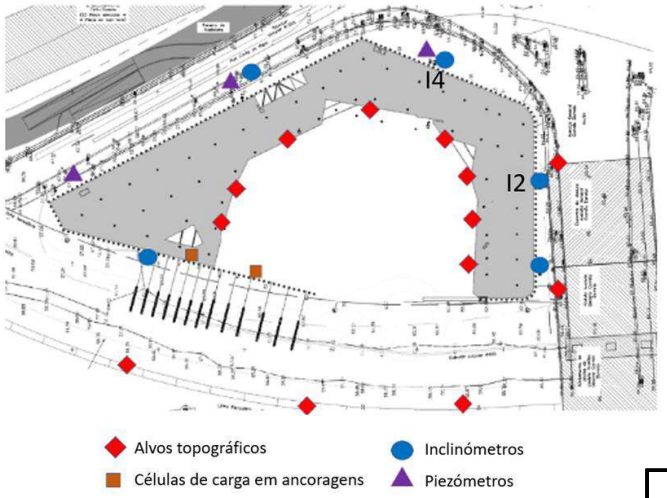
OBJETIVO

- ✓ Avaliar o comportamento das infraestruturas vizinhas
- ✓ Avaliar o comportamento das estruturas de contenção
- ✓ Validação dos pressupostos assumidos em fase de projeto

Gestão do risco

Implementação atempada de medidas de reforço

Plano de Instrumentação e Observação

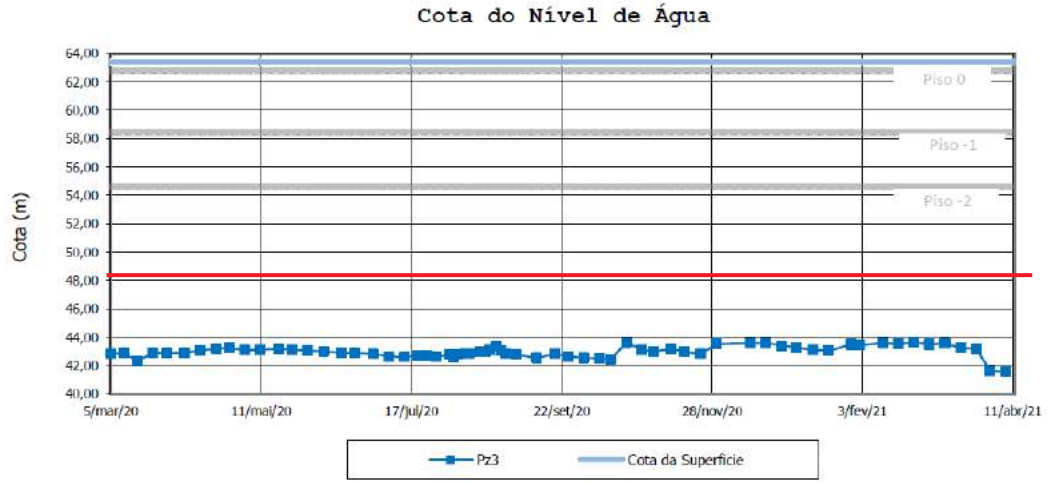


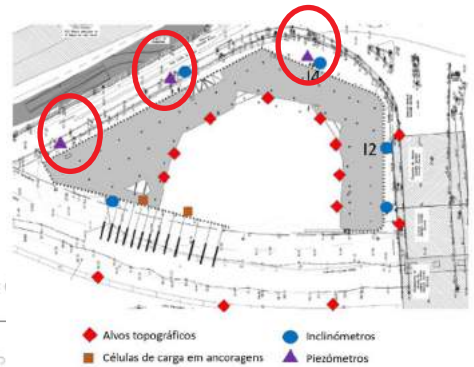
CRITÉRIOS DE ALERTA E DE ALARME

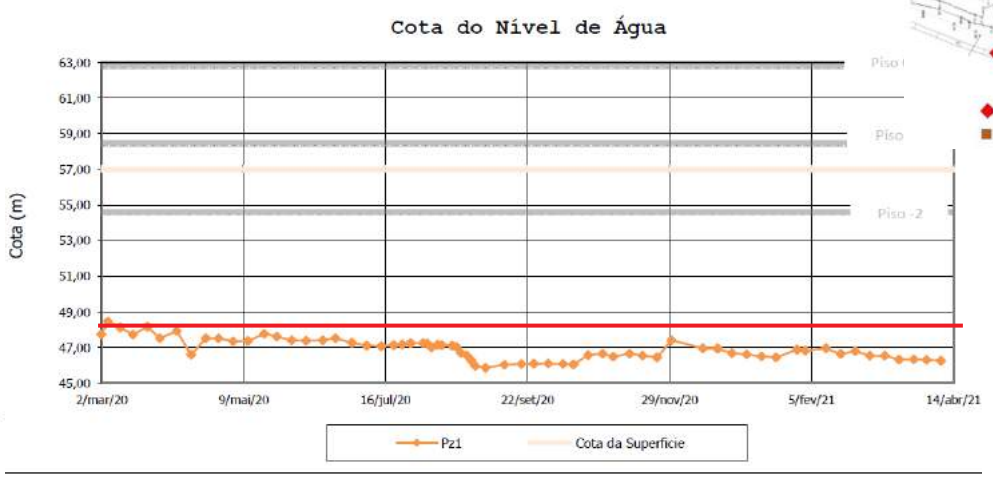
Situação	Critério alerta	Critério alarme
Estrutura de contenção – Deslocamento horizontal	15mm para cada 10m de escavação	25mm para cada 10m de escavação
Estrutura de contenção – Deslocamento vertical	10mm para cada 10m de escavação	20mm para cada 10m de escavação
Células de carga em ancoragens – Incremento de carga	±15%	±25%
Infraestruturas adjacentes – Deslocamento horizontal	10mm	20mm
Infraestruturas adjacentes – Deslocamento vertical	15mm	30mm

Plano de Instrumentação e Observação

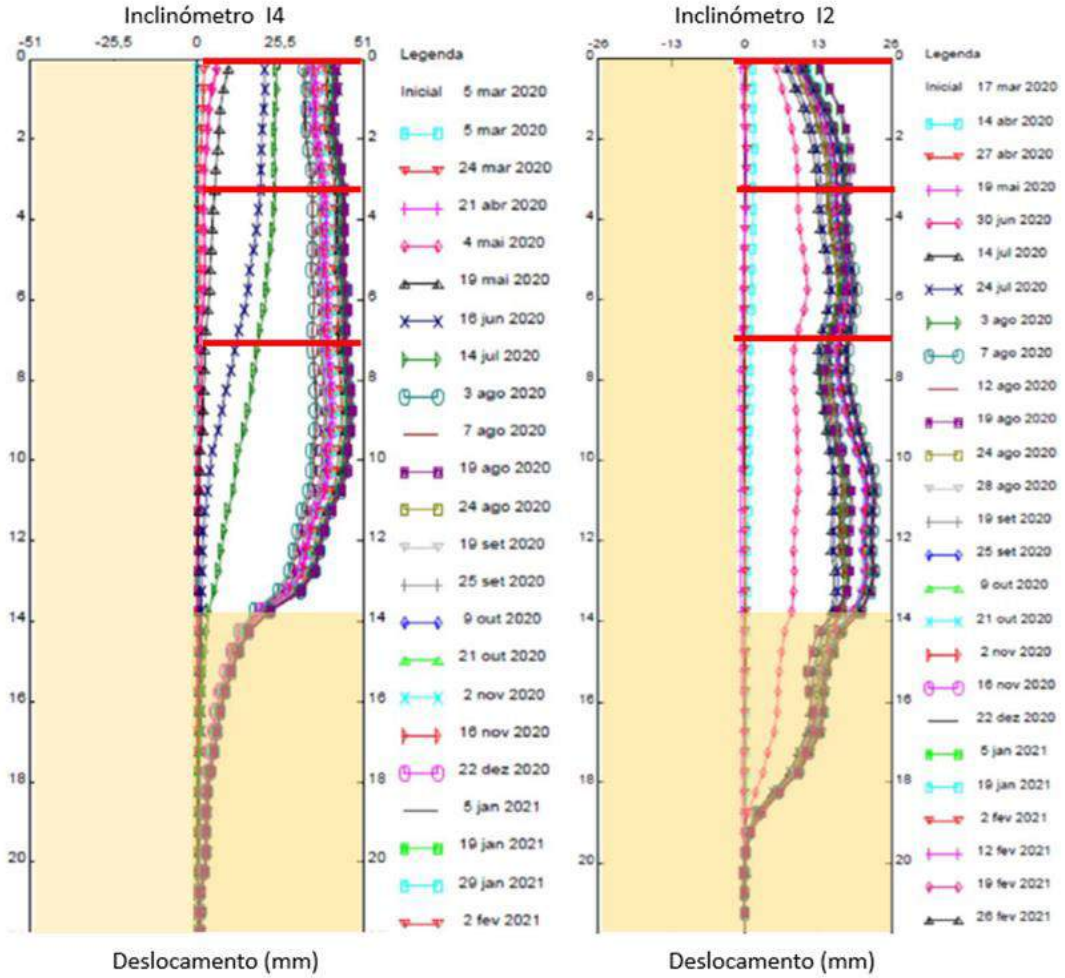
PROFUNDIDADE DO NÍVEL DE ÁGUA





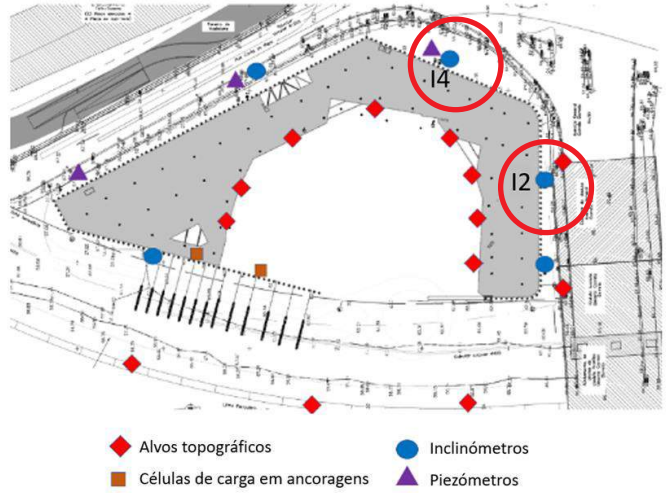


Plano de Instrumentação e Observação

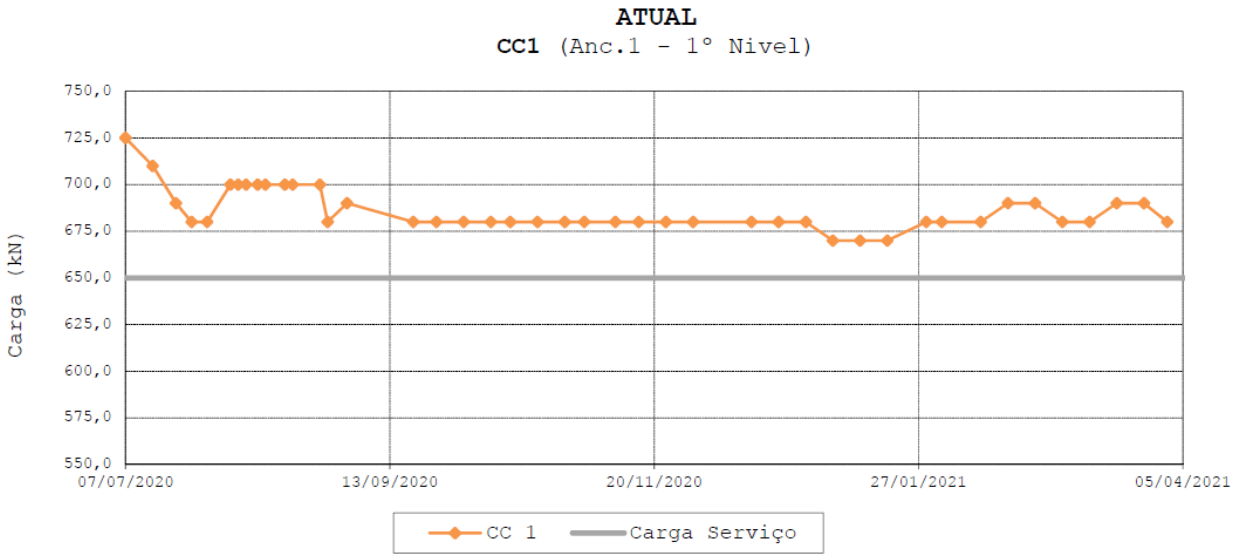


INCLINÓMETROS

Δu, horizontal
Máximo
45mm

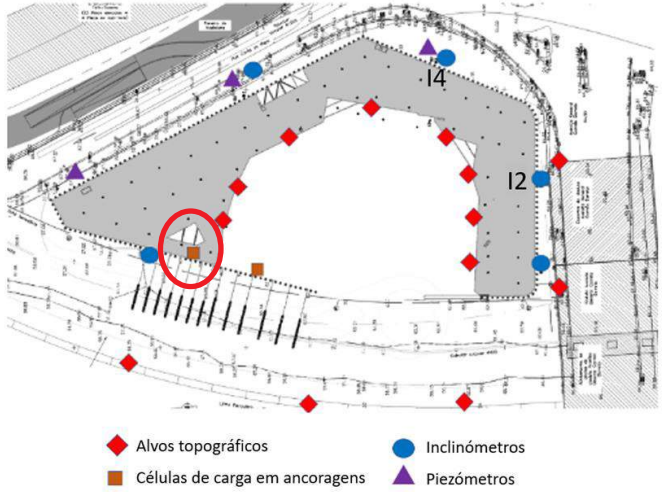


Plano de Instrumentação e Observação



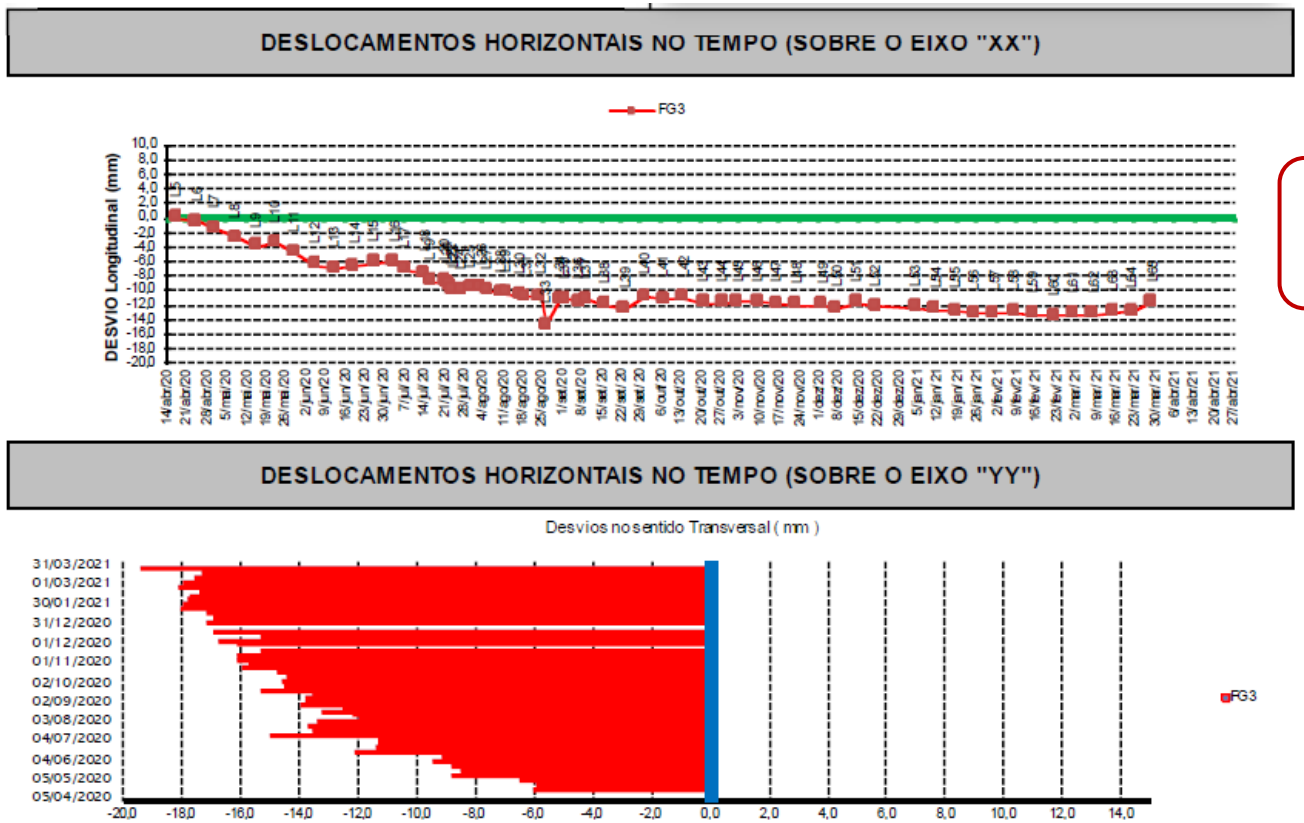
CÉLULA DE CARGA

ΔP, máximo 7%

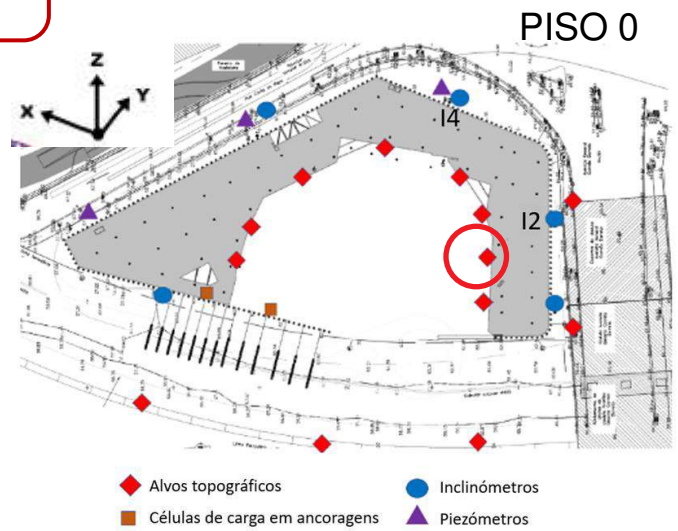


Plano de Instrumentação e Observação

ALVOS TOPOGRÁFICOS

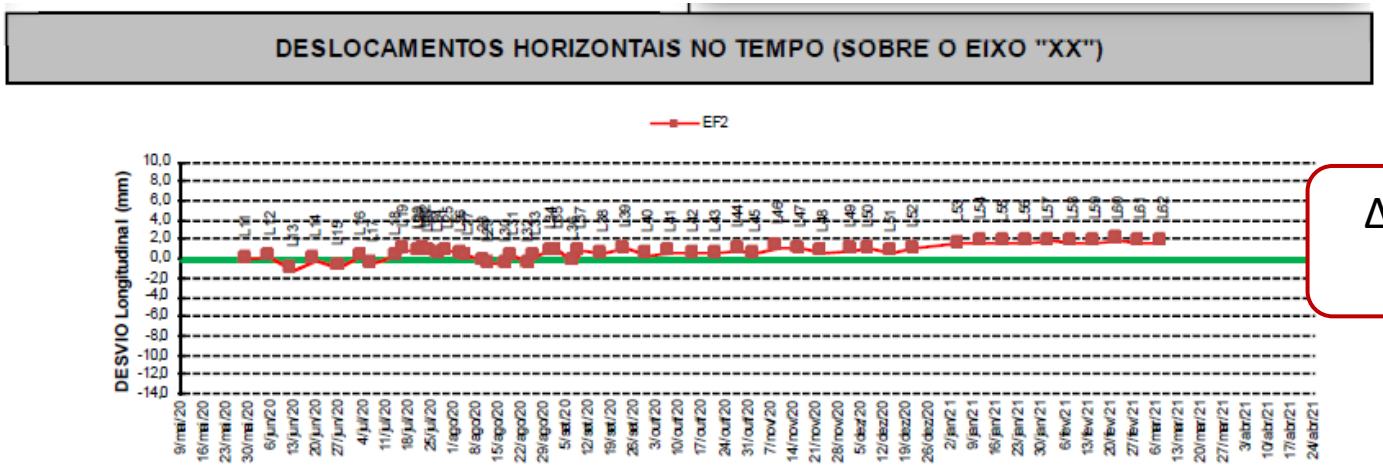


Δu, máximo 18mm

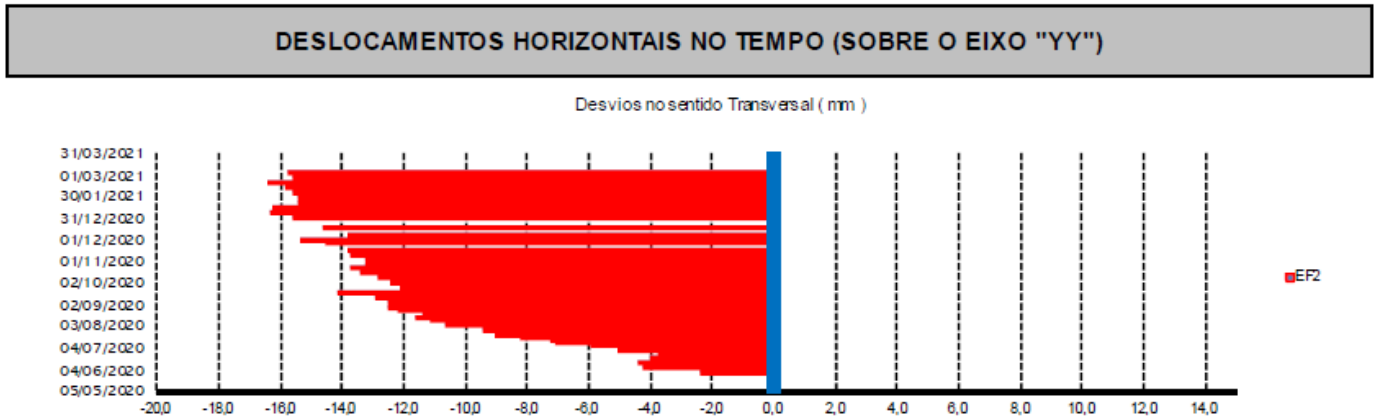


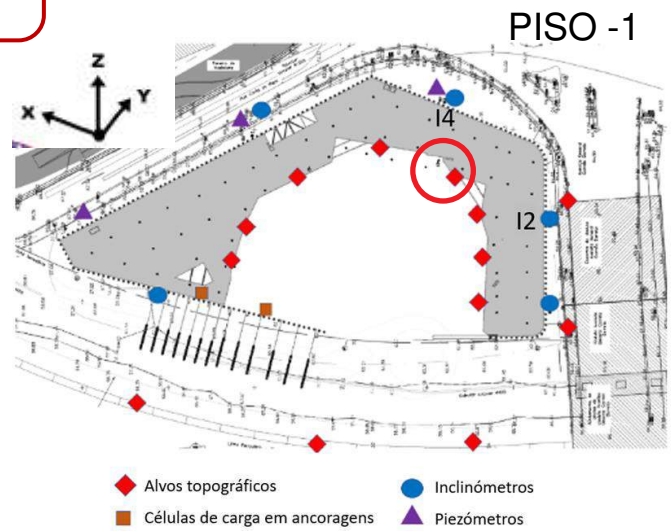
Plano de Instrumentação e Observação

ALVOS TOPOGRÁFICOS



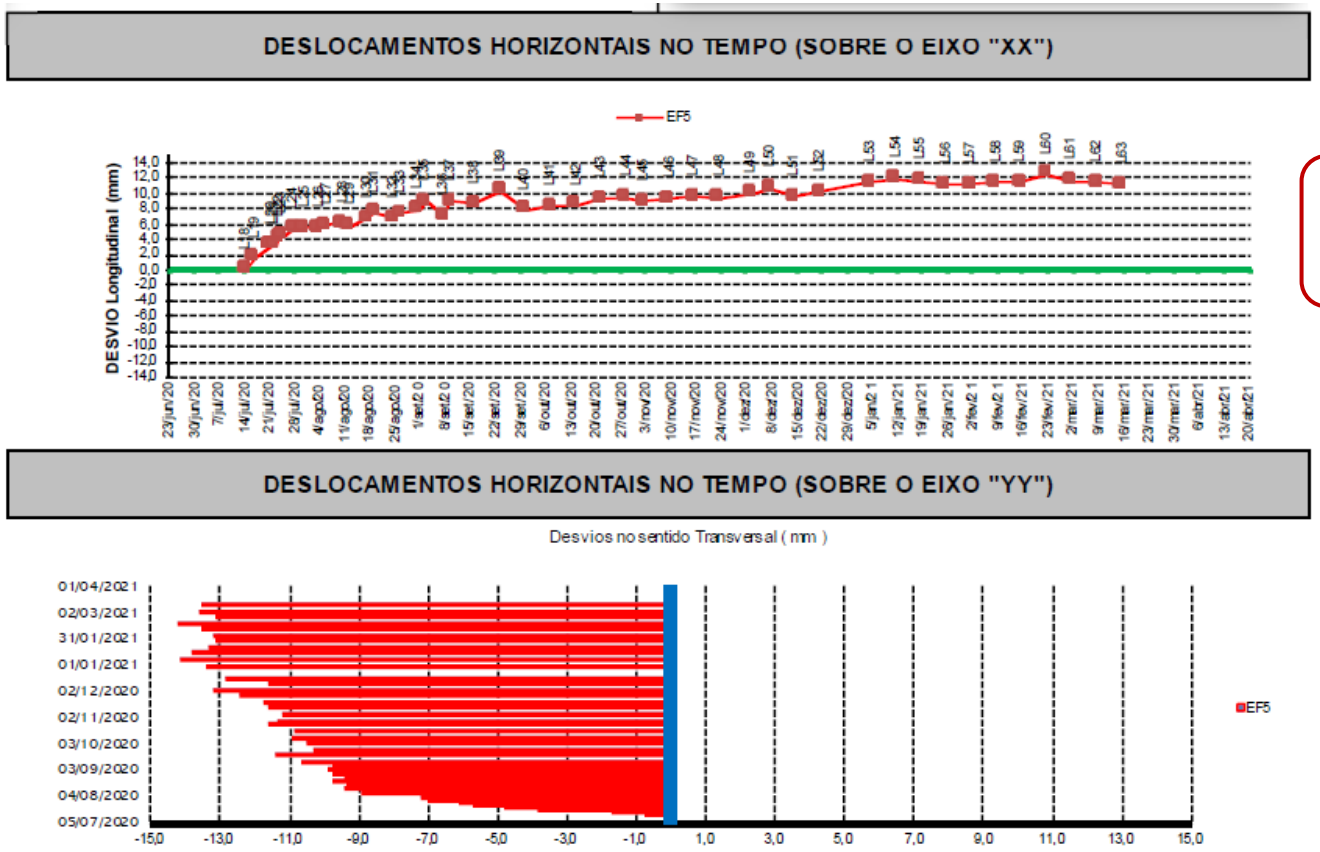
Δu, máximo 16mm



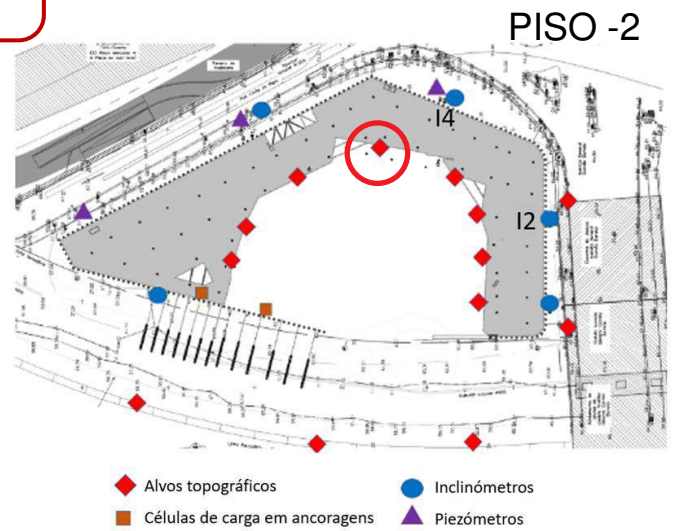


Plano de Instrumentação e Observação

ALVOS TOPOGRÁFICOS



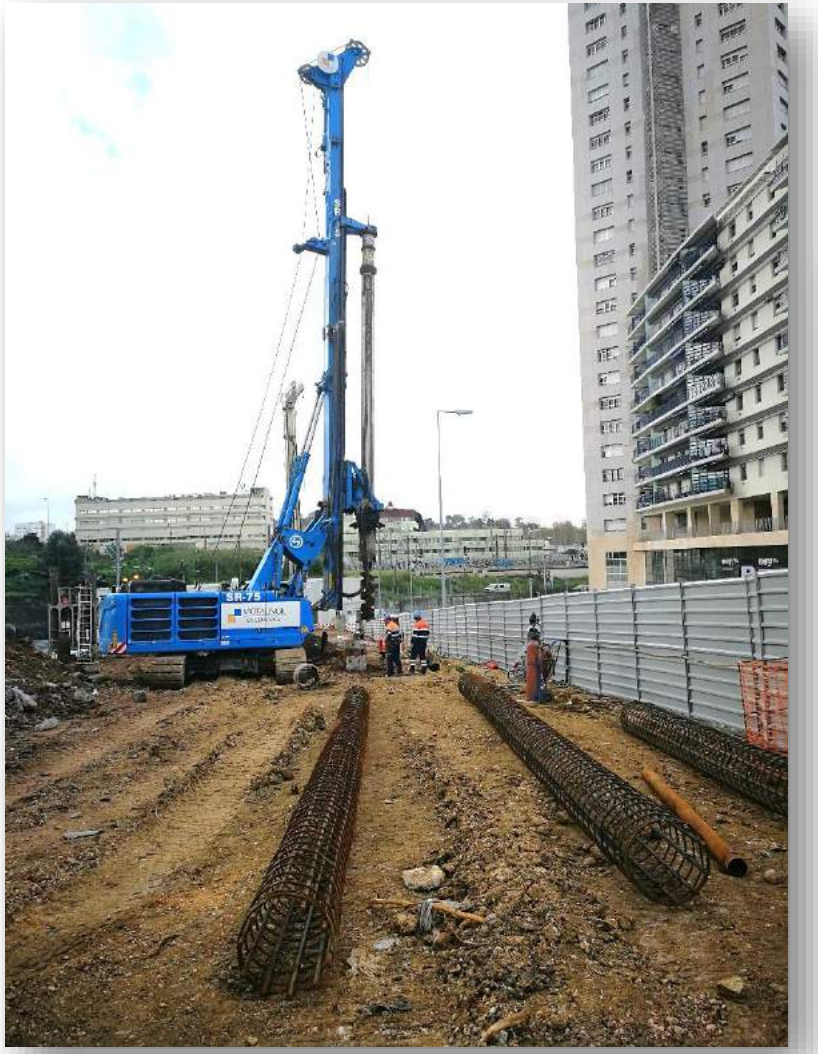
Δu, máximo 14mm



Índice

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONANTES
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

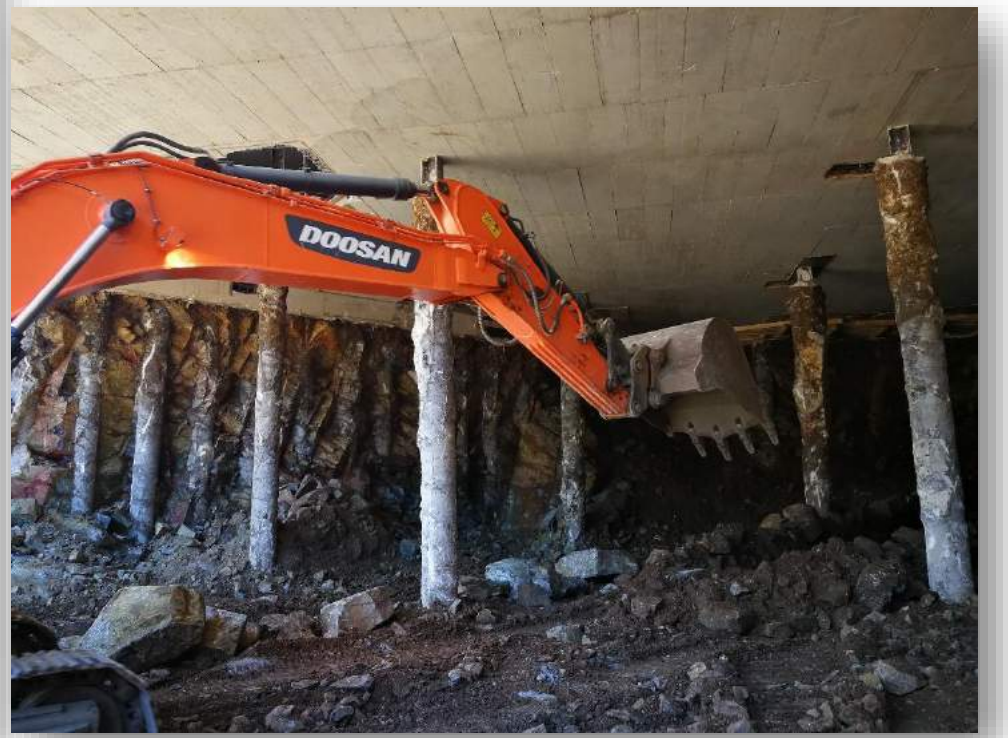
Considerações Finais



Considerações Finais

Considerações Finais

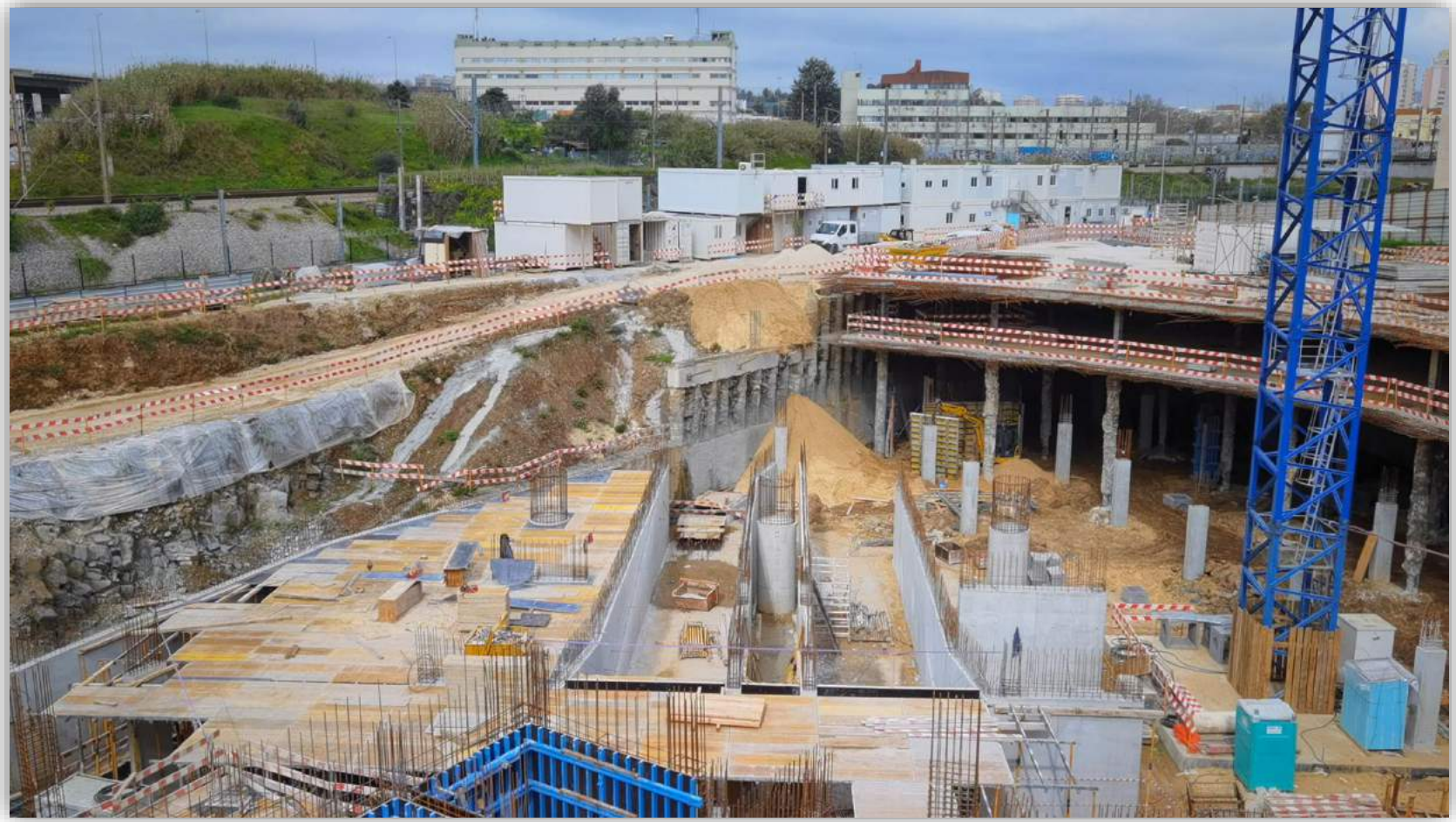
Considerações Finais



Considerações Finais

Considerações Finais

Considerações Finais



Considerações Finais

Importância da avaliação prévia das **Condicionantes Locais** (Arquitetura, Edifícios Vizinhos e Infraestruturas no sub-solo)

Importância do **Plano de Instrumentação de Observação**, ferramenta indispensável para a gestão do risco

Importância da realização de um **Estudo Geológico Geotécnico** que caracteriza os terrenos em profundidade

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA FUNDAÇÃO POR ESTACAS MOLDADAS DE UM RESERVATÓRIO DE GPL NUMA INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA

FARTARIA, Catarina
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DA FUNDAÇÃO POR ESTACAS MOLDADAS DE UM RESERVATÓRIO DE GPL NUMA INFRAESTRUTURA PORTUÁRIA

Fartaria, Catarina, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal,* cfartaria@jetsj.com
Pinto, Alexandre, *JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal,* apinto@jetsj.com

Índice

- INTRODUÇÃO
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **INTRODUÇÃO**
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

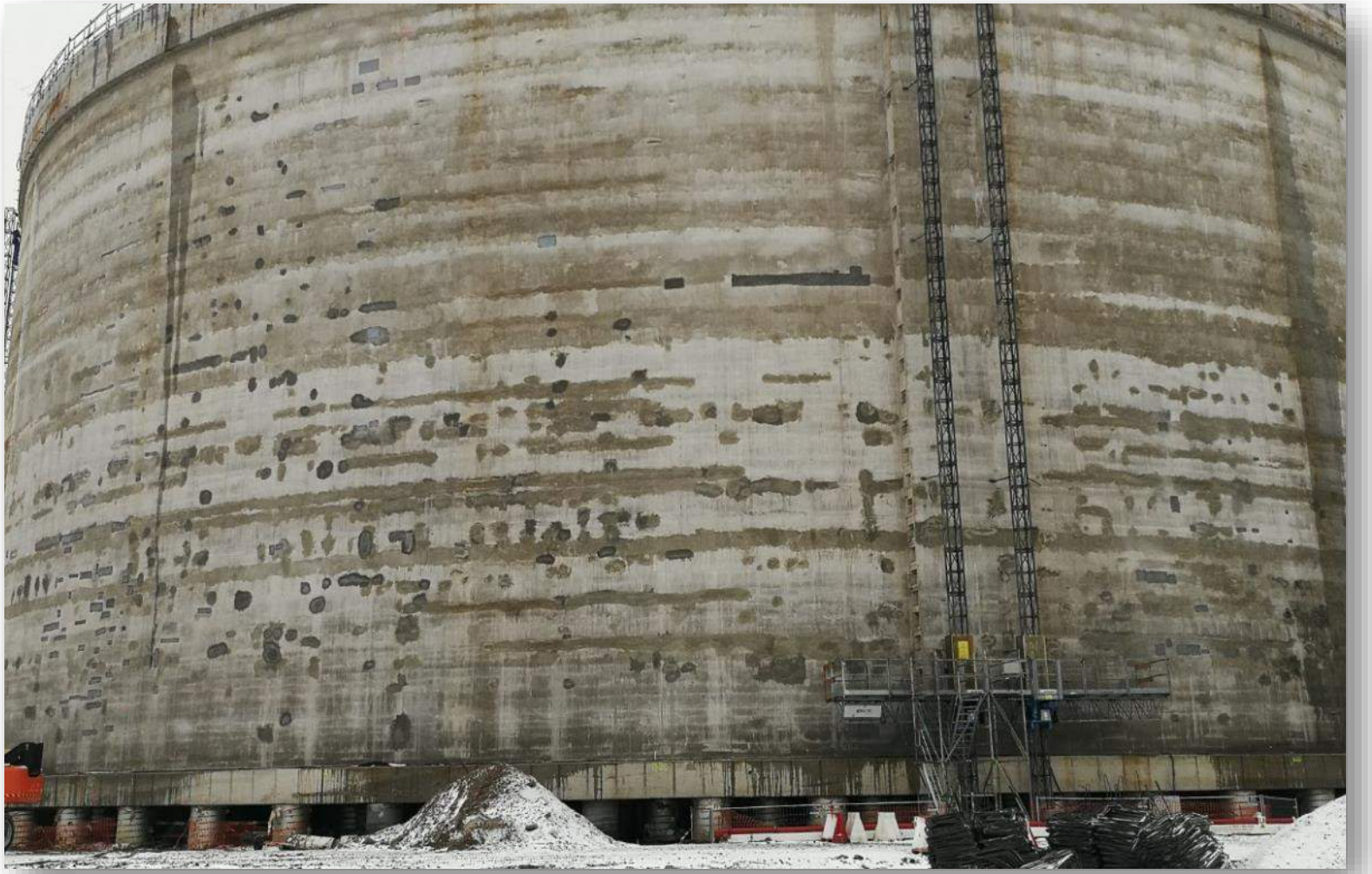
Introdução

Infraestrutura Portuária
Reservatório de GPL

Introdução

Reservatório Circular
- ✓ 30m de altura
- ✓ 87,4m de diâmetro

Introdução



Introdução

Fundação do Reservatório

- ✓ Estacas moldadas em betão armado
- ✓ Executadas através de tecnologia trado contínuo

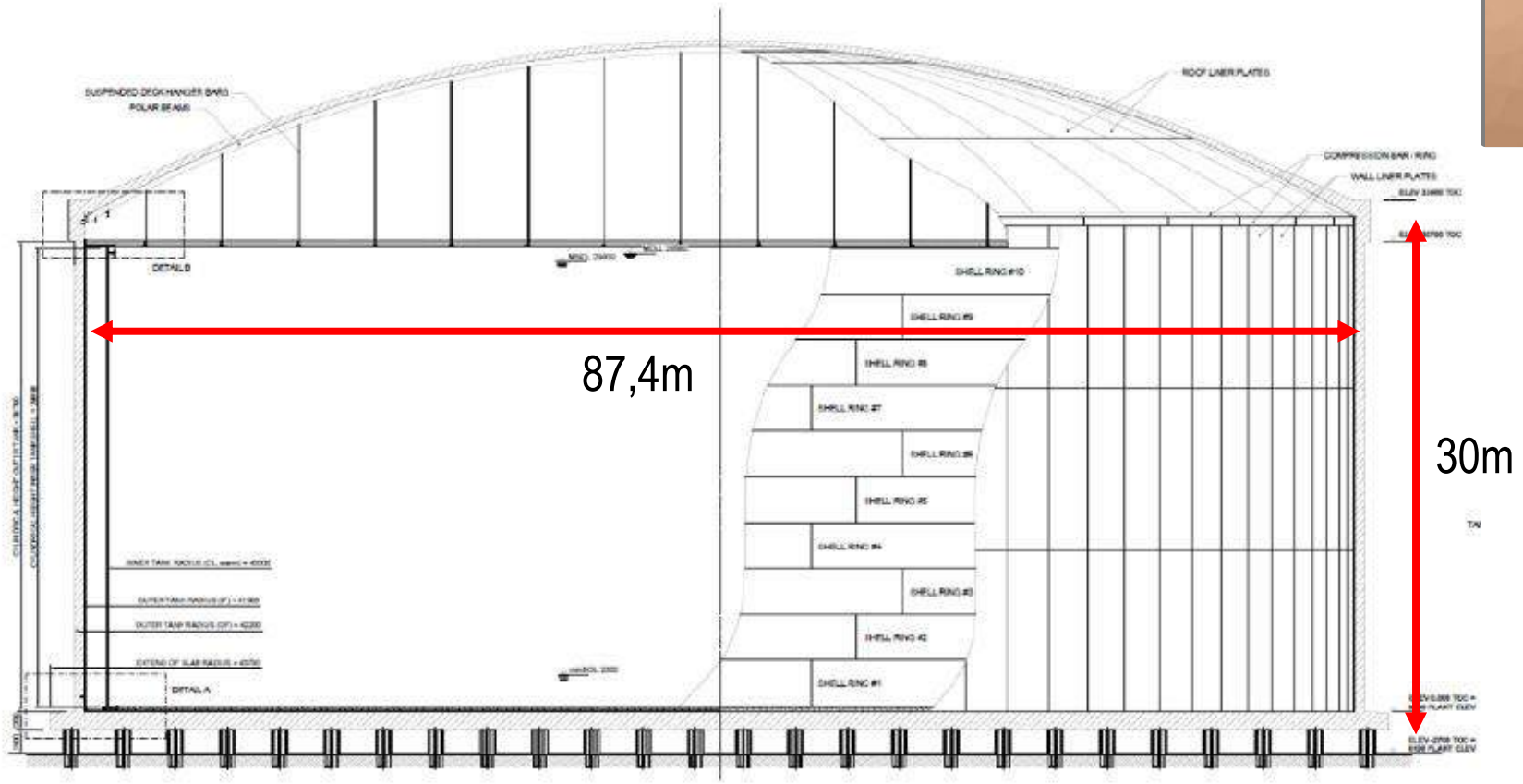
- ✓ Registo de dificuldades técnicas durante a execução
- ✓ Hipótese de a tecnologia trado contínuo ter alterado as condições do solo de fundação

- ✓ Realização de ensaios CPT após a execução das estacas
- ✓ Realização de estudo da solução de fundação

Índice

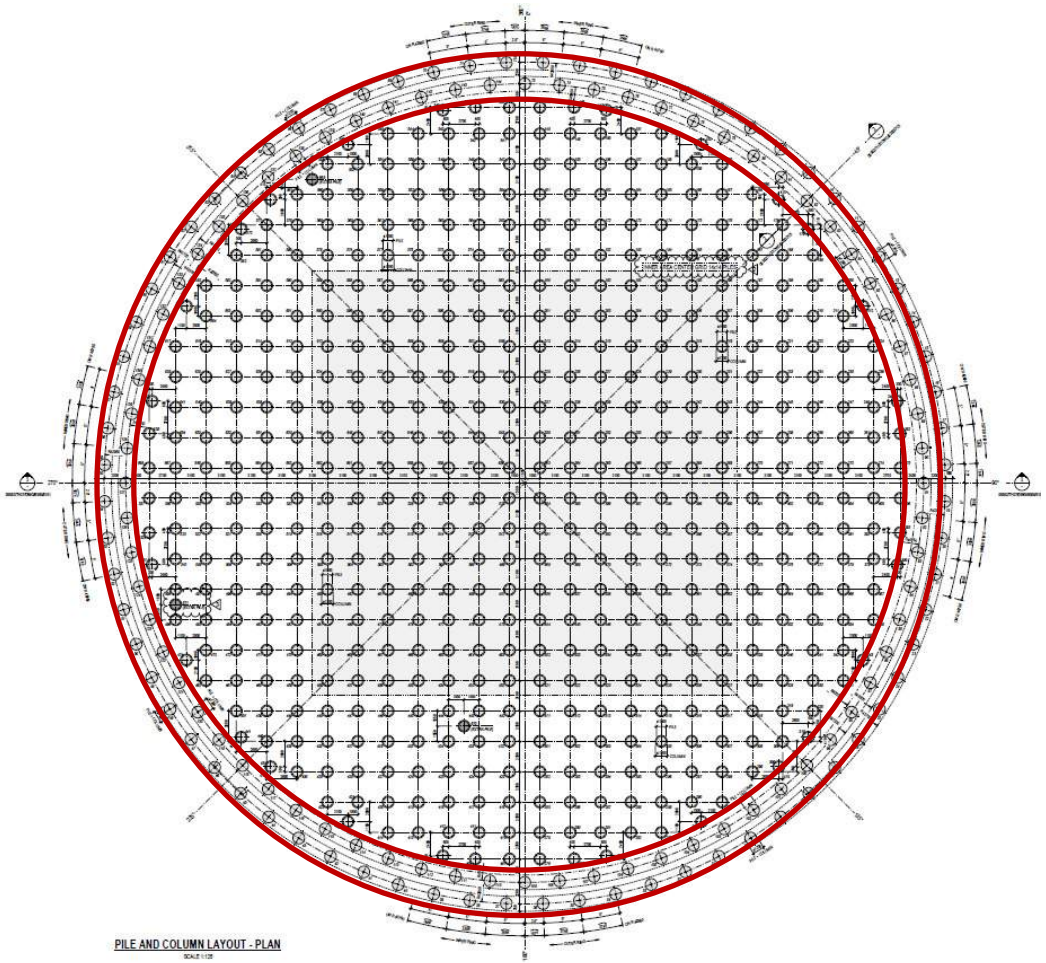
- INTRODUÇÃO
- **SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO**
- CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Solução de Fundação do Reservatório



Reservatório Circular
- ✓ 30m de altura
- ✓ 87,4m de diâmetro

Solução de Fundação do Reservatório

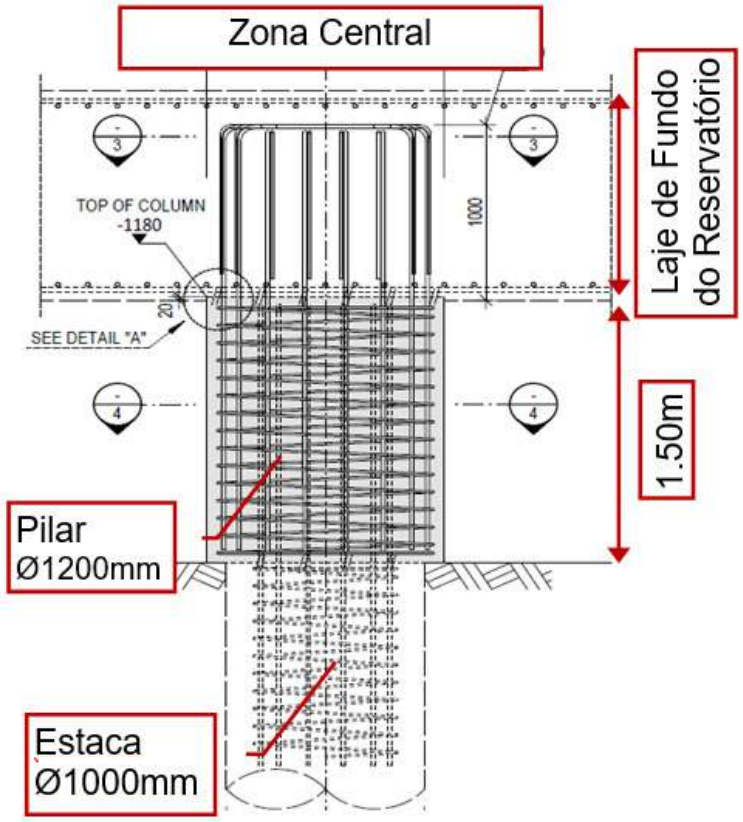


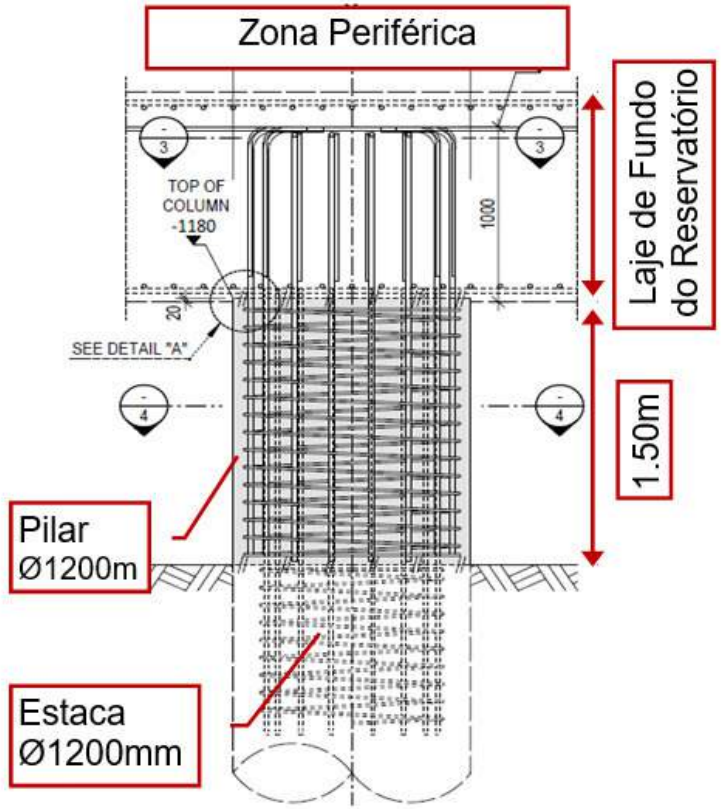
Fundação

- ✓ Estacas moldadas em betão armado
- ✓ Tecnologia trado contínuo
- ✓ Comprimento 22m
- ✓ 671 estacas (malha 3,10x3,10)

- ✓ Zona central: Diâmetro 1000mm
- ✓ Zona periférica: Diâmetro 1200mm

Solução de Fundação do Reservatório





Laje de Fundo do Reservatório
- ✓ Laje em betão armado
- ✓ Espessura: 1,20m
- ✓ Localizada a 1,5m acima do solo

Ligação Estacas/Laje
- ✓ Pilares em betão armado
- ✓ Circulares Φ1200mm

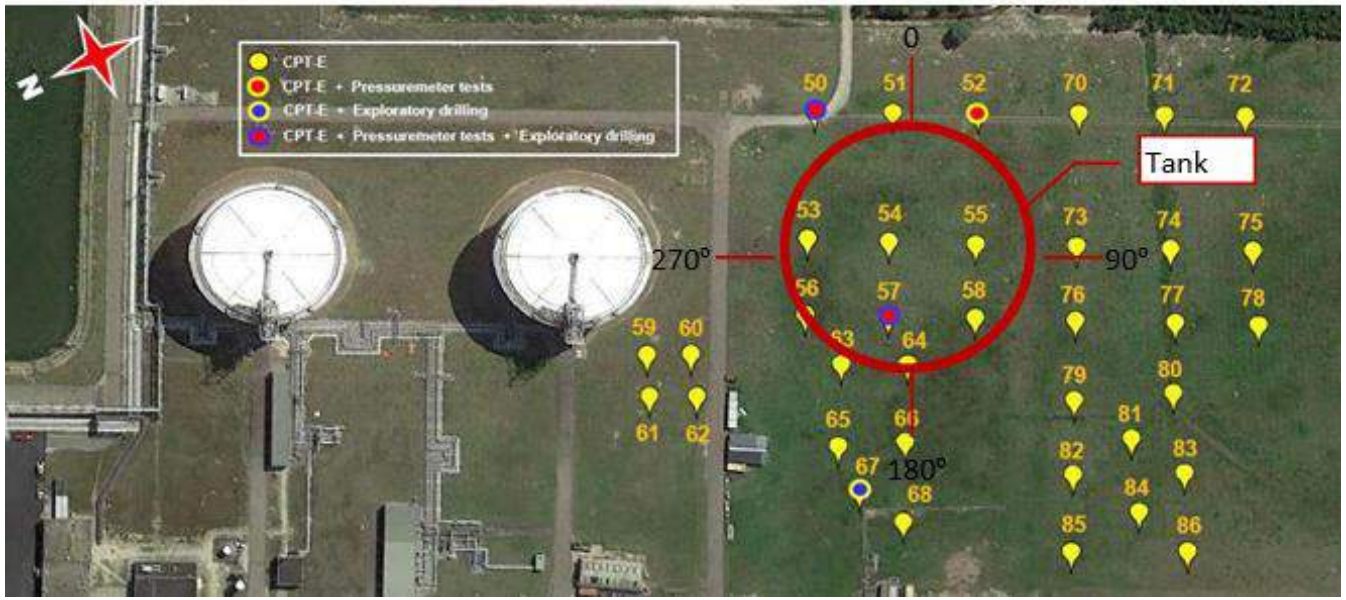
Índice

- INTRODUÇÃO
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO
- **CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS**
- ANÁLISE NUMÉRICA
- RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

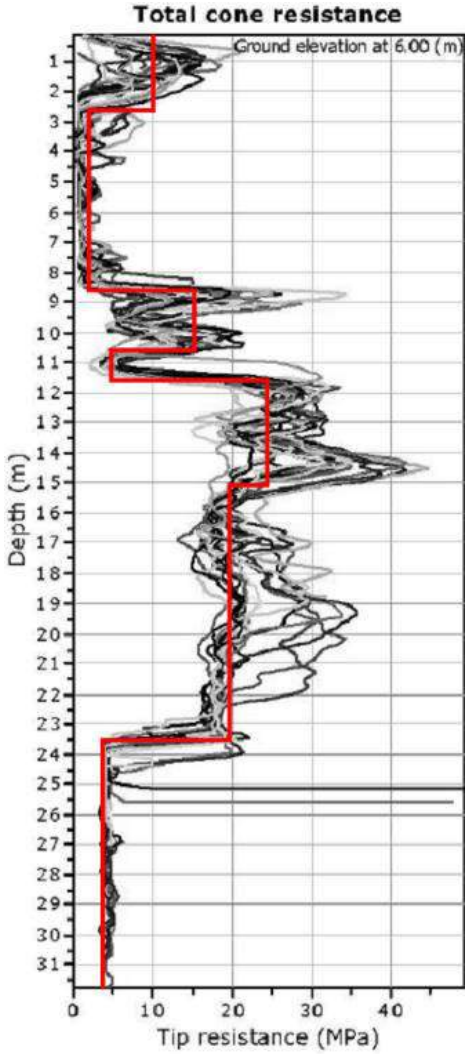
Condições Geológico-Geotécnicas

Projeto de Fundações :

- ✓ Campanha de prospeção Inicial
- ✓ Resultados ensaios CPT e SPT



Condições Geológico-Geotécnicas



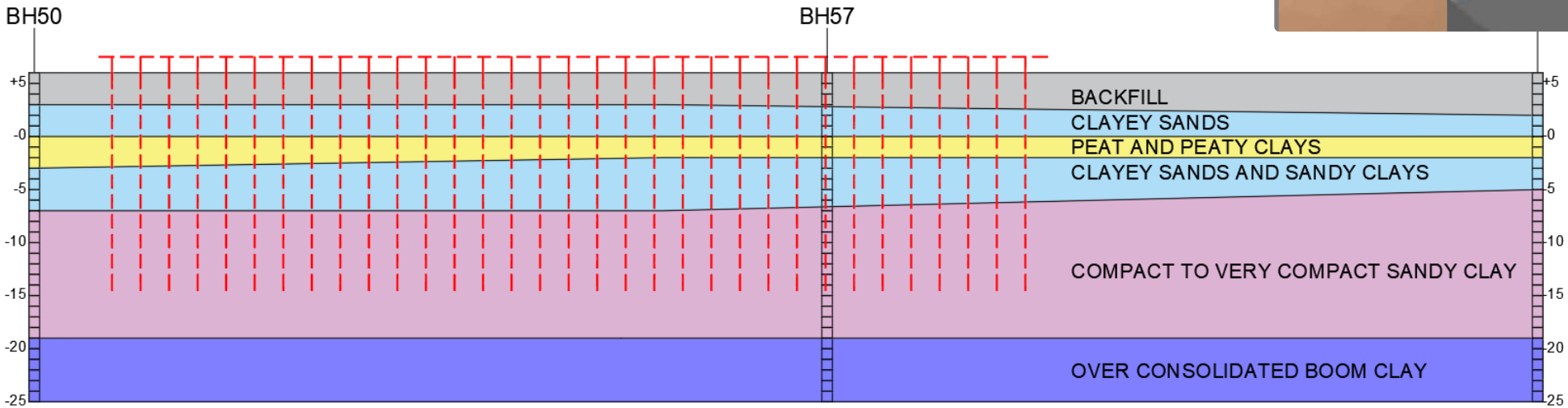
Campanha de Prospeção Inicial

✓ Resultados dos ensaios CPT

Condições Geológico-Geotécnicas

Campanha de Prospeção Inicial

✓ Zonamento Geológico-Geotécnico



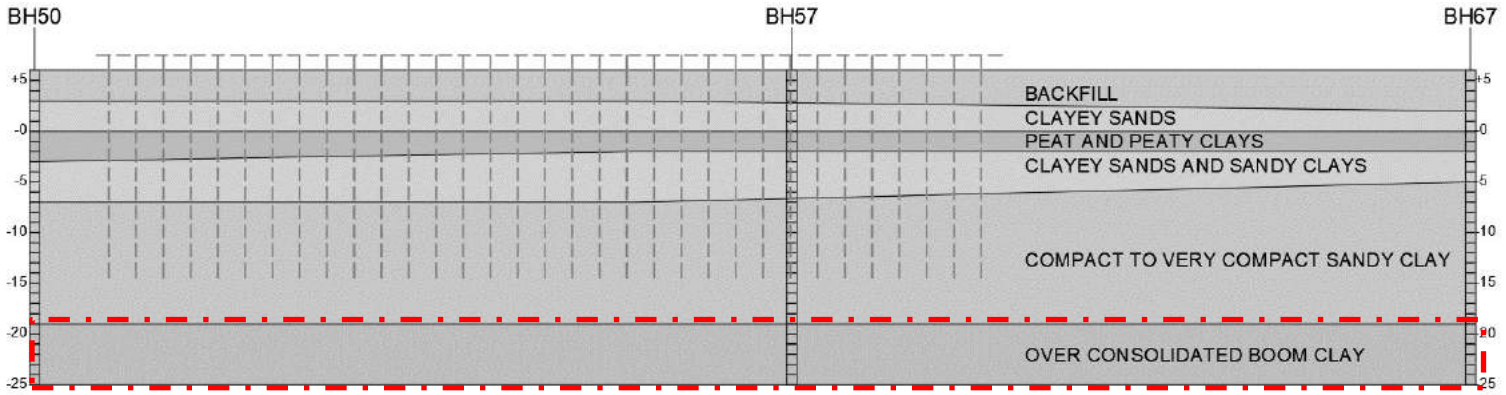
Zonamento Geológico-Geotécnico

✓ Camada superficial de aterros

✓ Alternância de areias argilosas, argilas arenosas e argilas orgânicas

✓ Camada de argila sobreconsolidada

Condições Geológico-Geotécnicas



Camada Argila Sobreconsolidada

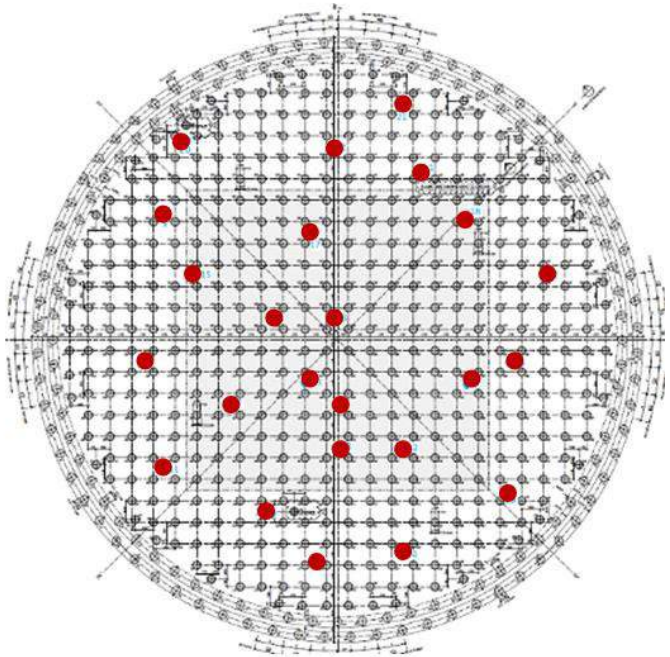
- ✓ Identificada a 25m de profundidade
- ✓ Formação Oligocénica
- ✓ Lodos de fraca consistência Qc médio 4MPa
- ✓ Denominada na bibliografia por 'Boom Clay'
- ✓ Espessura na ordem dos 100m

Cota de base das estacas aproximadamente a 3m acima da cota de topo da camada 'Boom Clay'

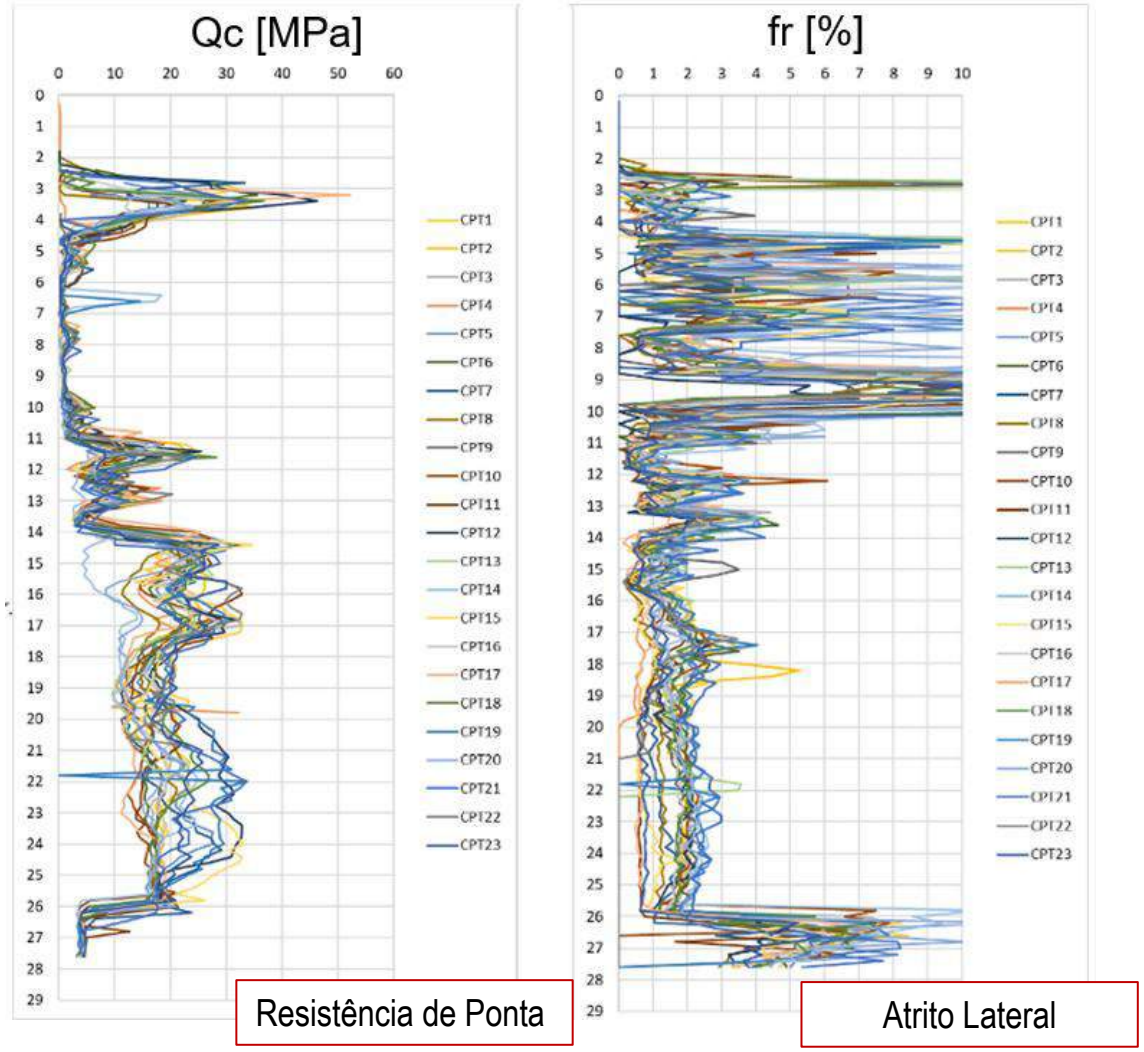
Condições Geológico-Geotécnicas

Após execução das estacas:

- ✓ Realização de nova campanha de prospeção
- ✓ 23 novos ensaios CPT



Condições Geológico-Geotécnicas



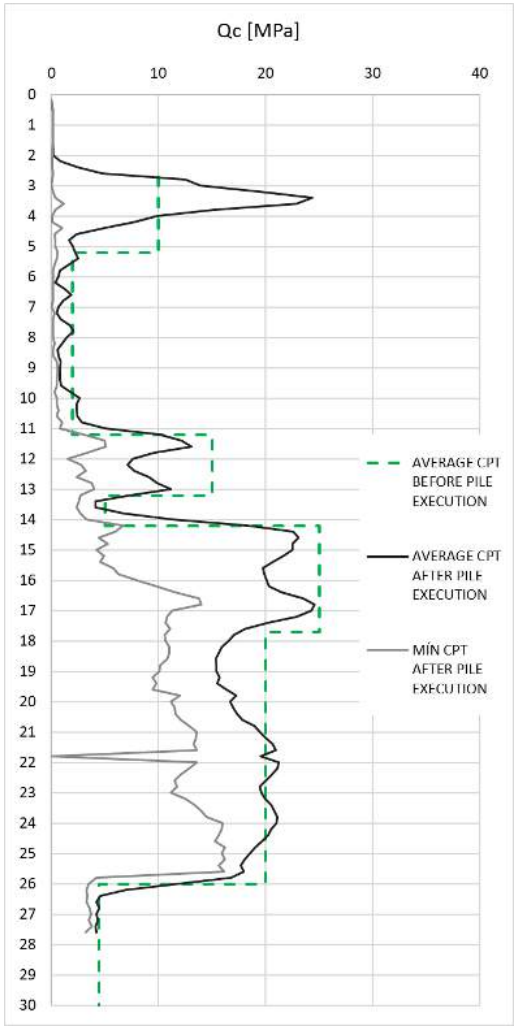
Resistência de Ponta

Atrito Lateral

Campanha de Prospeção Após Execução das Estacas

✓ Resultados dos ensaios CPT

Condições Geológico-Geotécnicas



Valor médio antes da execução das estacas

Valor médio após a execução das estacas

Valor mínimo após a execução das estacas

Comparação de resultados CPT de ensaios antes e após a execução das estacas

- ✓ Valor médio 'após execução de estacas' ligeiramente inferior ao valor médio 'antes da execução da estacas';
- ✓ Valor mínimo 'após execução de estacas' significativamente inferior ao valor médio 'antes da execução das estacas'
- ✓ Especialmente ao nível das camadas inferiores

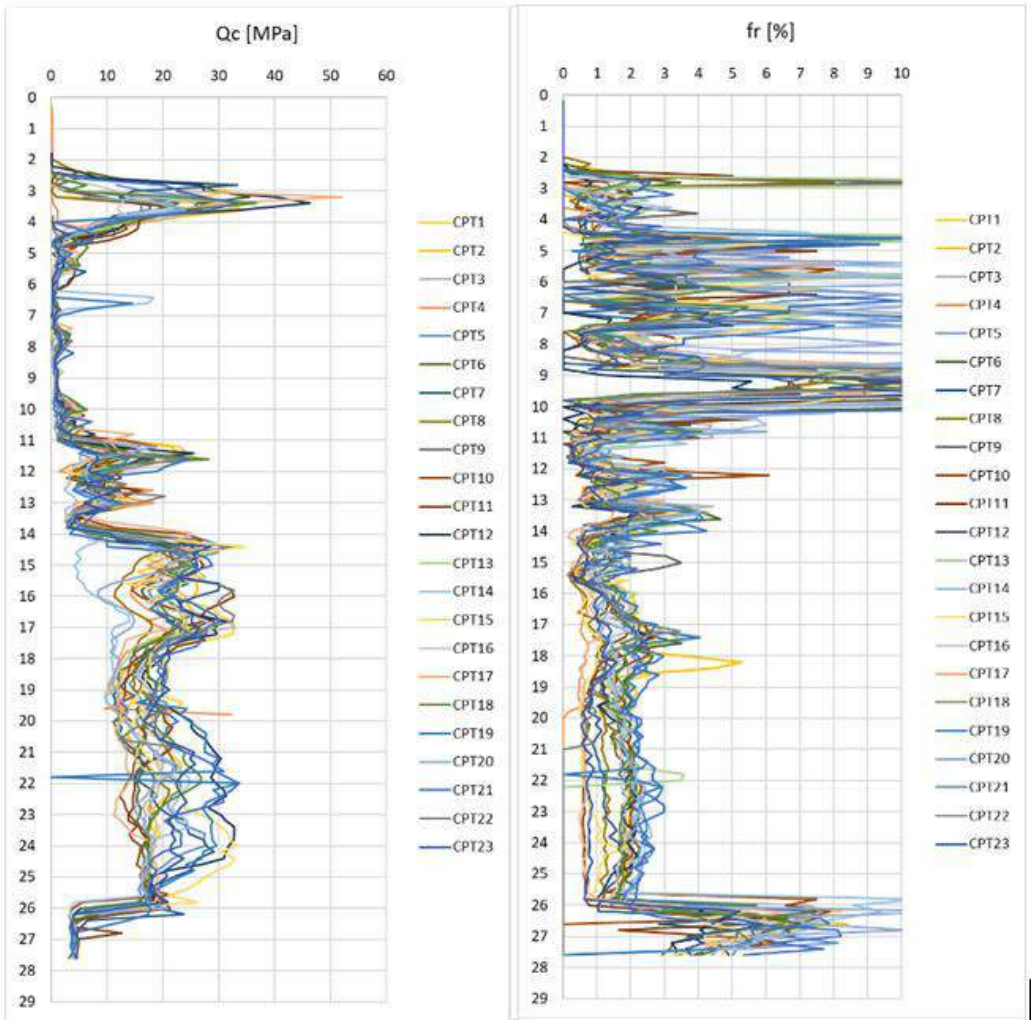
⇩

Possível causa – perturbação do solo pela execução das estacas

Condições Geológico-Geotécnicas

Estudo desenvolvido com base nos ensaios CPT após a execução das estacas

CPT Após Execução

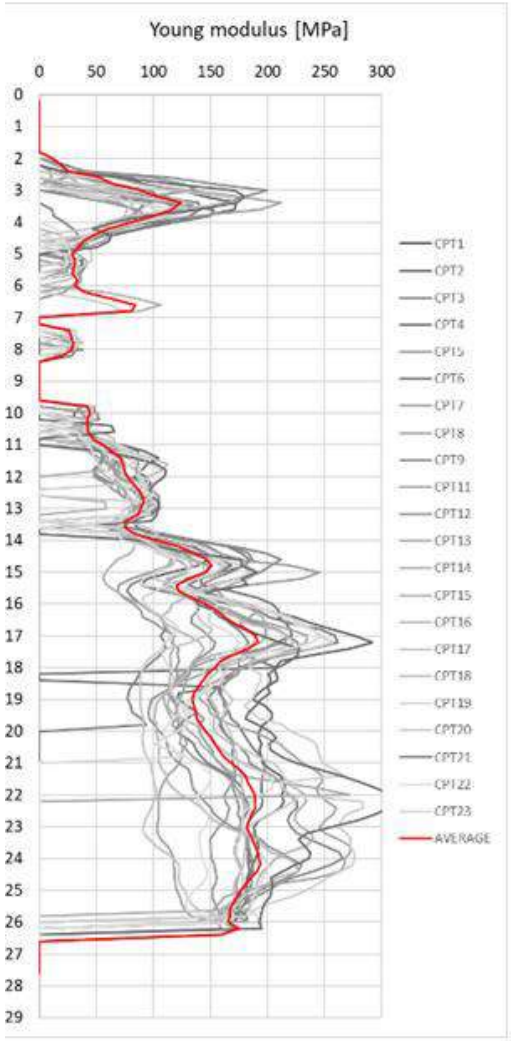


Software CPeT-IT Basic

- ✓ Estimativa de parâmetros geomecânicos

Condições Geológico-Geotécnicas

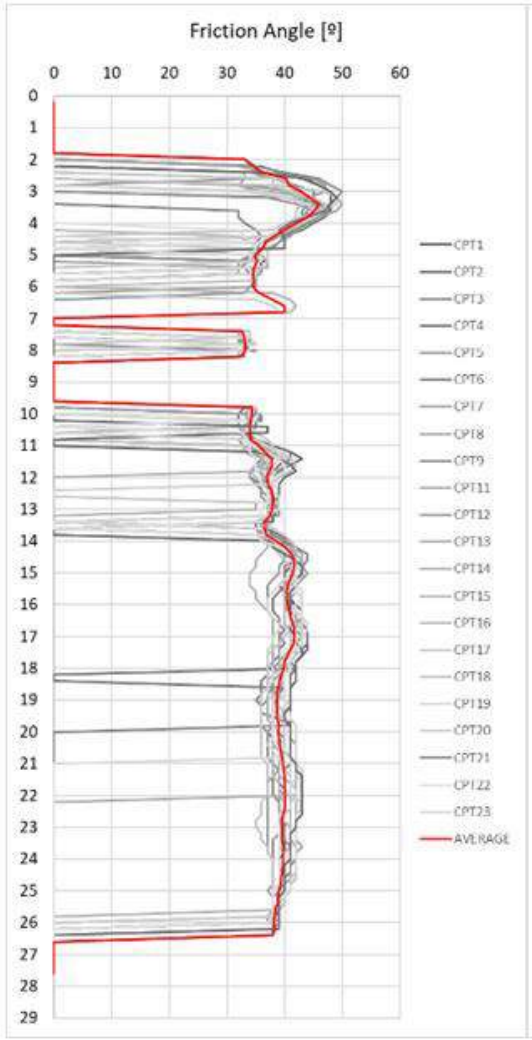
CPT Após Execução



Módulo de Deformabilidade

Condições Geológico-Geotécnicas

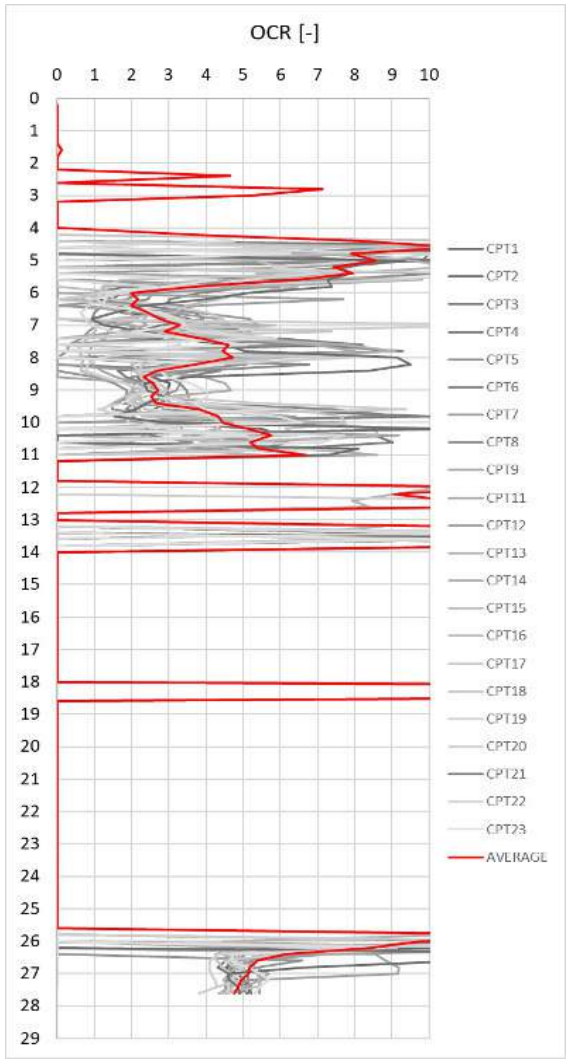
CPT Após Execução



Ângulo de Atrito

Condições Geológico-Geotécnicas

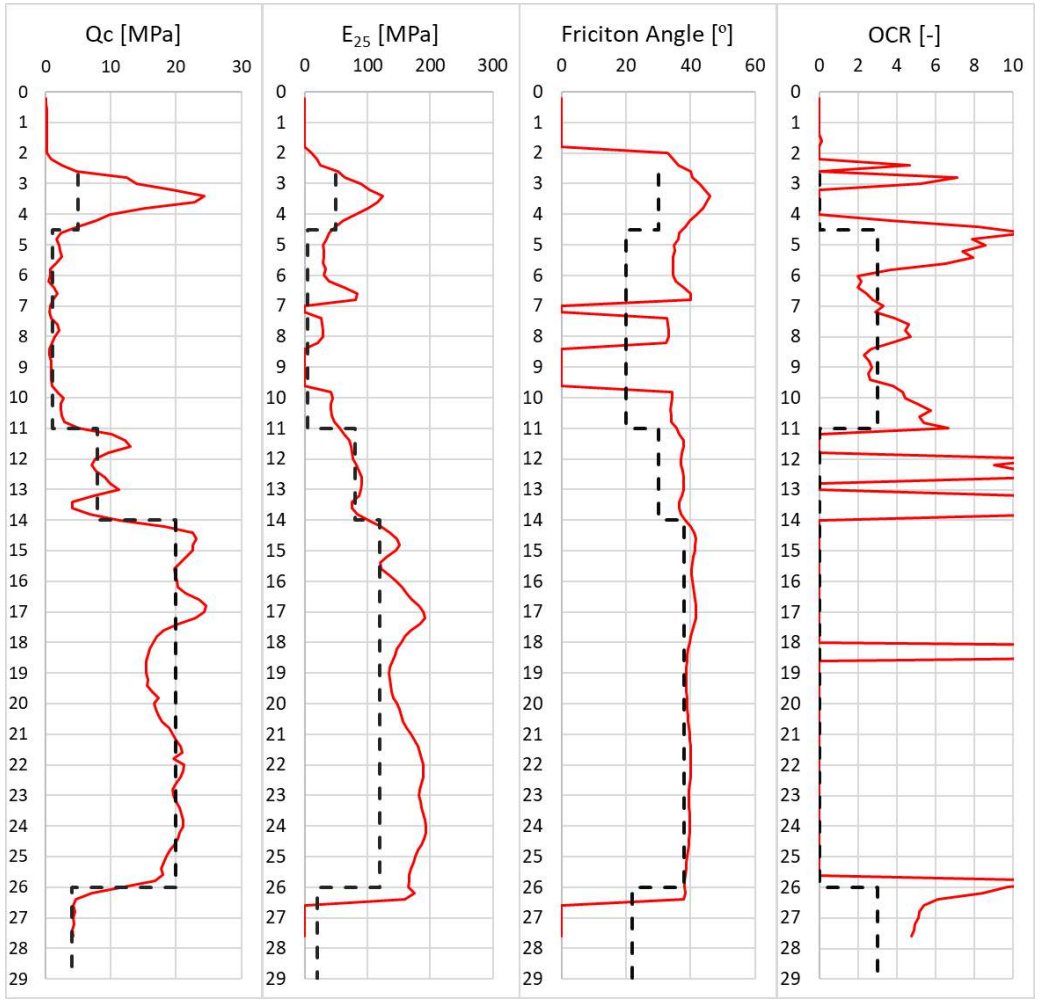
CPT Após Execução



OCR
Grau de sobreconsolidação

Condições Geológico-Geotécnicas

CPT Após Execução



Parâmetros geomecânicos

- ✓ Resistência de ponta
- ✓ Módulo de deformabilidade
- ✓ Ângulo de atrito
- ✓ Grau de sobreconsolidação

Condições Geológico-Geotécnicas

Zonamento Geológico-Geotécnico

Zona Geotécnica	Profundidade Camada (m)	Descrição	Valor médio Qc [MPa]
ZG5	0 a 1,8	Aterro Arenoso	5
ZG4	1,8 a 8,3	Areias Argilosas e Argilas Orgânicas	1
ZG3	8,3 a 11,3	Areias Argilosas e Argilas Arenosas	8
ZG2	11,3 a 23,3	Argila Arenosa	20
ZG1	>23,3	Argila Sobreconsolidada - 'Boom Clay'	4

Condições Geológico-Geotécnicas

Parametrização Geológico-Geotécnica

Zona Geotécnica	Profundidade Camada (m)	Valor médio Qc [MPa]	γ unat [kN/m³]	γ sat [kN/m³]	c' [kPa]	Ø' [º]	E_{50} [MPa]	OCR [-]
ZG5	0 a 1,8	5	17	19	-	30	50	-
ZG4	1,8 a 8,3	1	16	17	2	20	4	3
ZG3	8,3 a 11,3	8	17	19	-	30	80	-
ZG2	11,3 a 23,3	20	18	20	-	38	120	-
ZG1	>23,3	4	19	19	15	22	20	3

Índice

- INTRODUÇÃO
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
- **ANÁLISE NUMÉRICA**
- RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica

OBJETIVO

- ✓ Avaliar o comportamento global da fundação
- ✓ Validar a solução de fundação considerando os resultados na nova campanha de prospeção
- ✓ Determinar parâmetros para apoio à monitorização
- ✓ Avaliar a influência a camada de argila sobreconsolidada no comportamento global

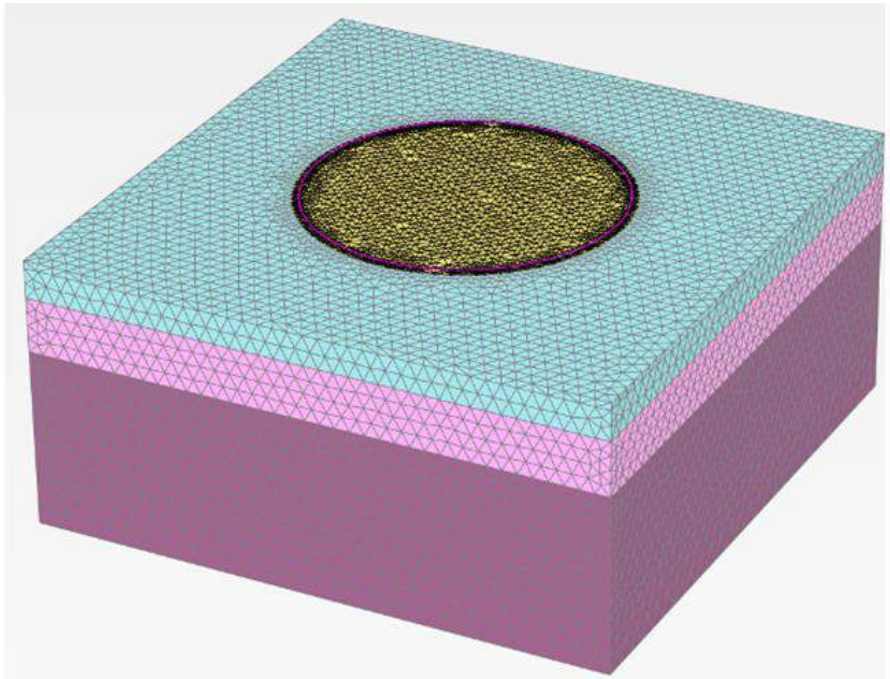
METODOLOGIA

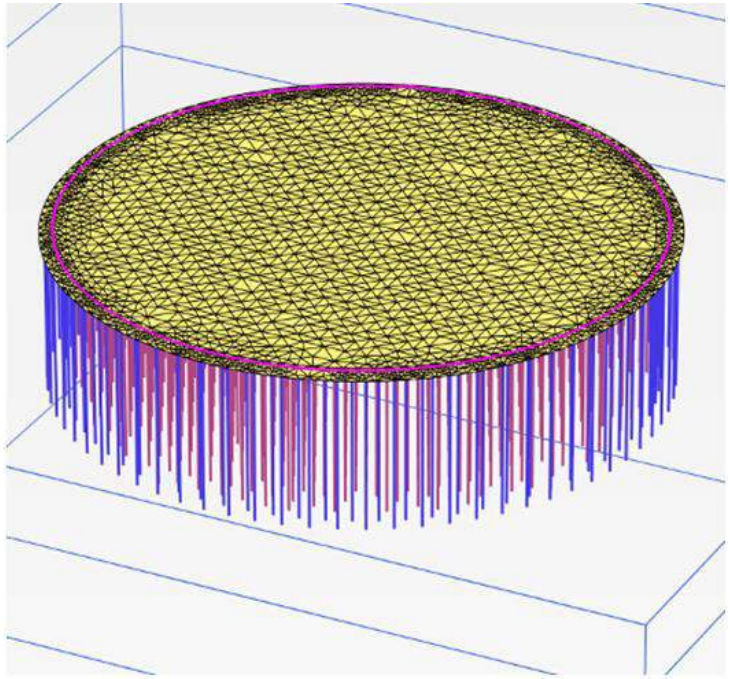
- ✓ Modelo tridimensional desenvolvido no software PLAXIS 3D

Análise Numérica

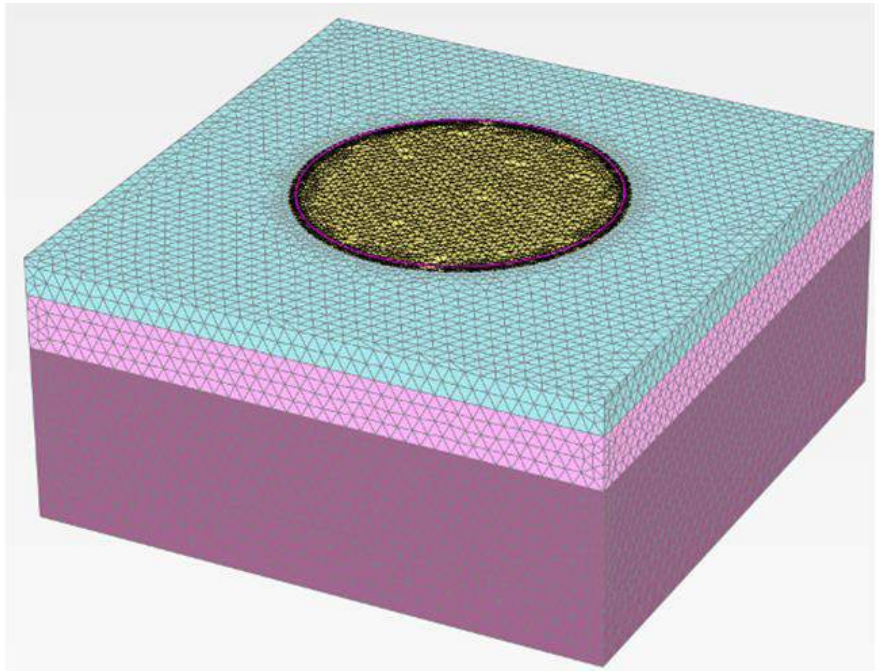
METODOLOGIA

✓ Modelo tridimensional desenvolvido no software PLAXIS 3D





Análise Numérica

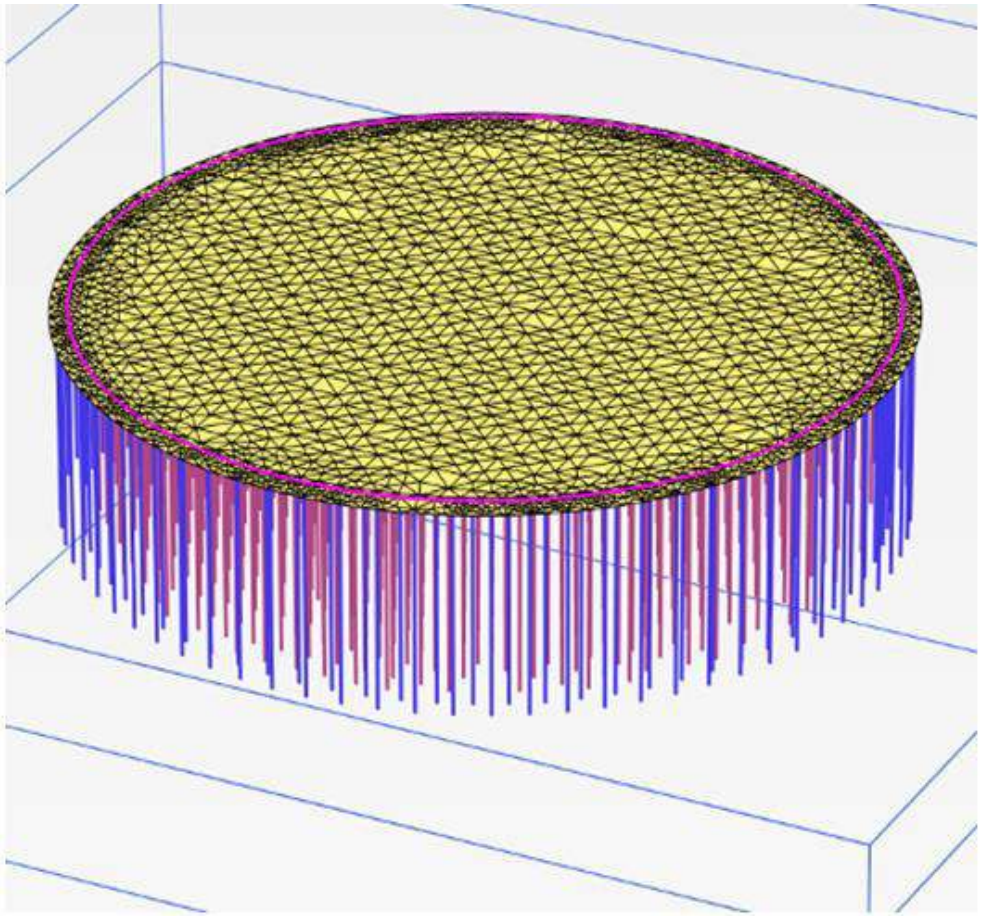


MODELO 3D

- ✓ Dimensões 160mx160mx75m
- ✓ Simplificação ao nível do zonamento (3 camadas)
- ✓ Modelo constitutivo do solo: *Hardening Soil*

Profundidade [m]	Qc Médio [MPa]	γ unat [kN/m3]	γ sat [kN/m3]	c' [kPa]	f' [º]	E_{50}/E_{oed} [MPa]	Eur [MPa]	m [-]	OCR [-]
0 a 8,30	2	16	17	2	20	4	12	0.8	3
8,30 a 23,3	18	18	20	-	35	90	270	0.5	-
> 23,3	4	19	19	15	22	20	60	0.8	3

Análise Numérica



MODELO 3D

Elementos Estruturais

- ✓ Laje de Fundo: ‘plate’
- ✓ Estacas: ‘ *embedded beam row*’

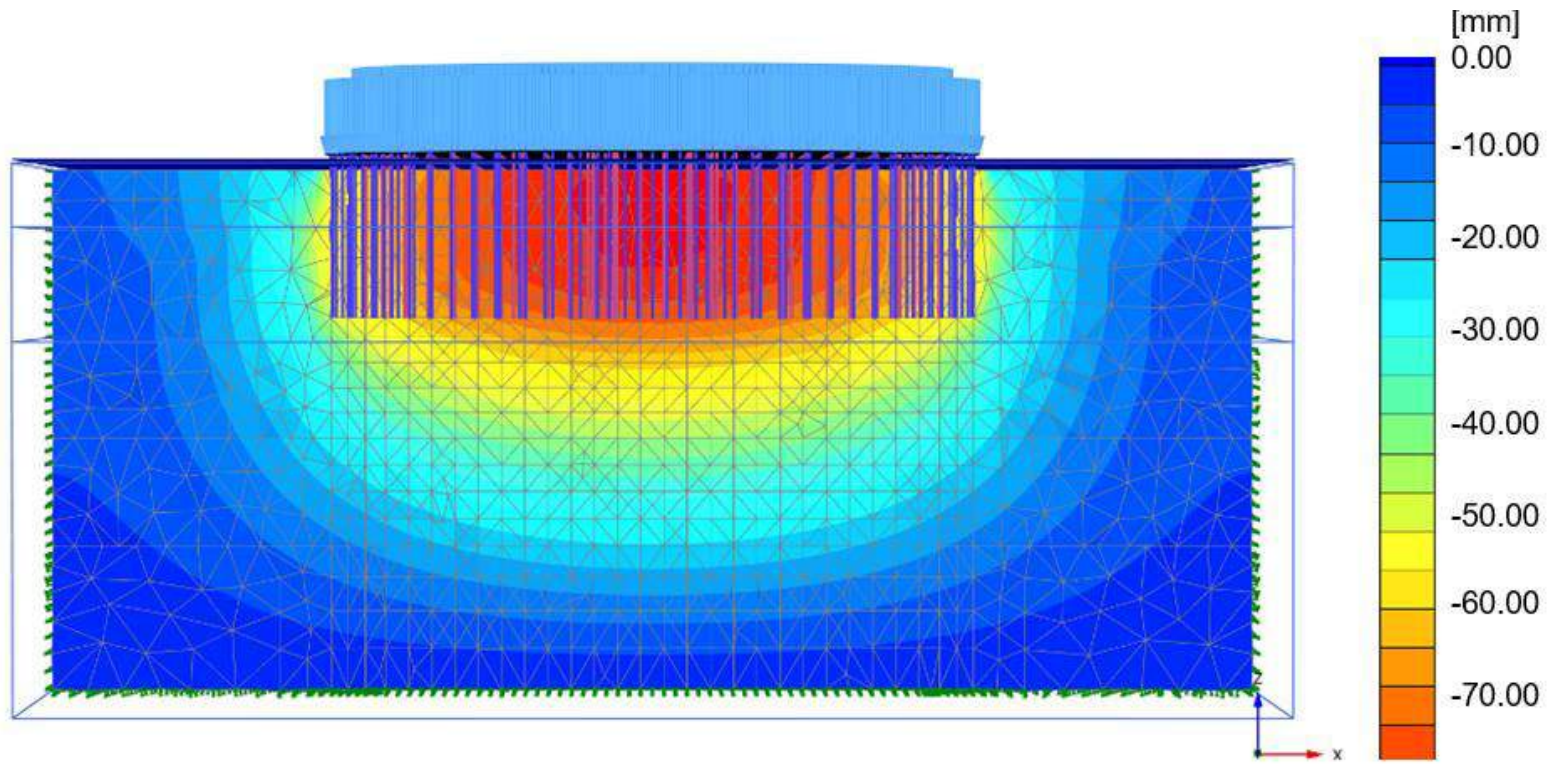
Faseamento

- ✓ Geração do estado de tensão inicial
- ✓ Ativação dos elementos estruturais
- ✓ Carregamento associado ao peso prórprio
- ✓ Carregamento faseado associado ao hidroteste
- ✓ Carregamento faseado associado ao esvaziamento
- ✓ Carregamento associado à fase de exploração

Índice

- INTRODUÇÃO
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- **RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

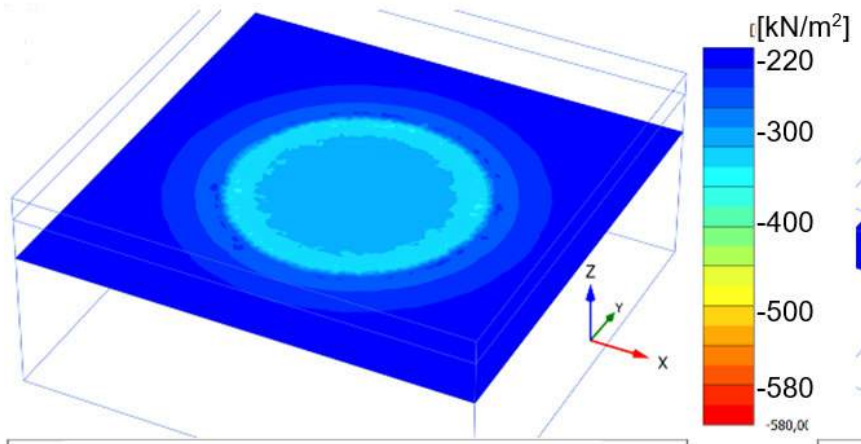
Resultados da Análise Numérica



Assentamento máximo ao nível da laje de fundo do reservatório

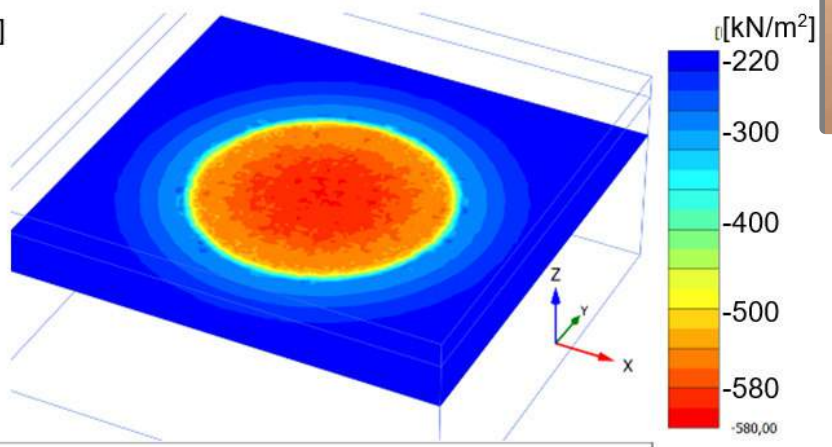
Fase Hidroteste: 78mm
Fase Exploração: 57mm

Resultados da Análise Numérica



Tensão efetiva vertical σ'_{zz}
Valor máximo = -207 kN/m²
Valor mínimo = -328 kN/m²

Fase Peso Próprio



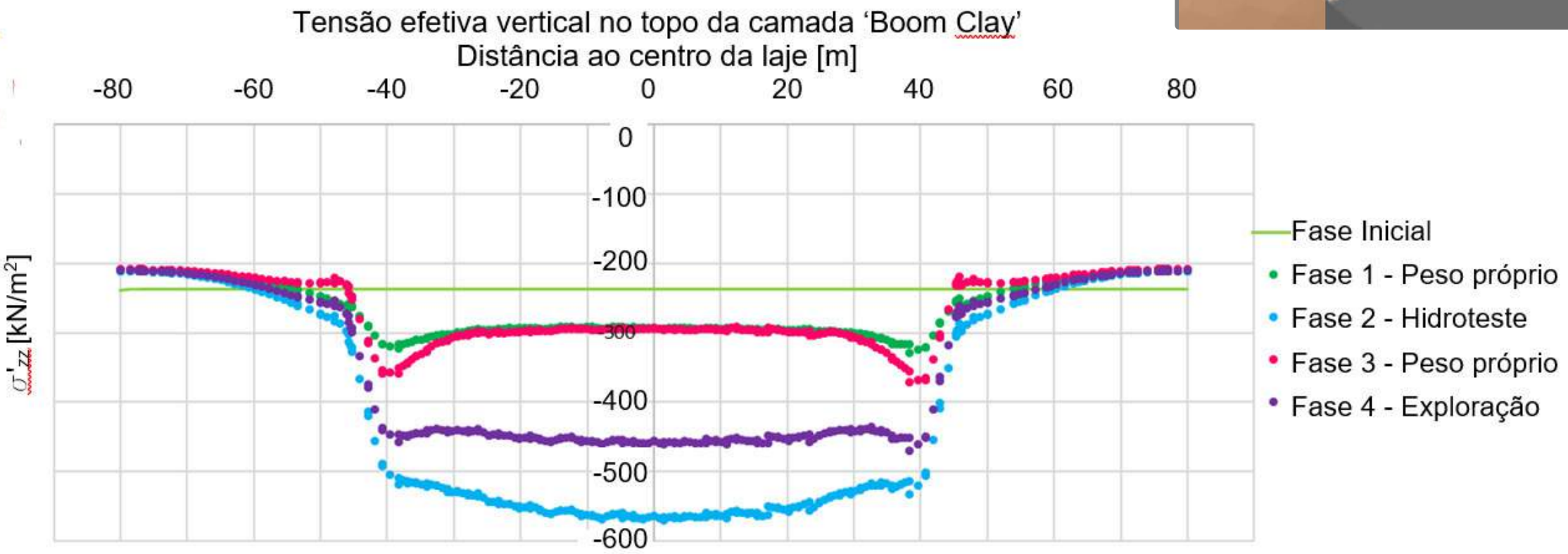
Tensão efetiva vertical σ'_{zz}
Valor máximo = -207 kN/m²
Valor mínimo = -576 kN/m²

Fase Hidroteste

Tensões Efetivas ao nível do topo da camada 'Boom Clay'

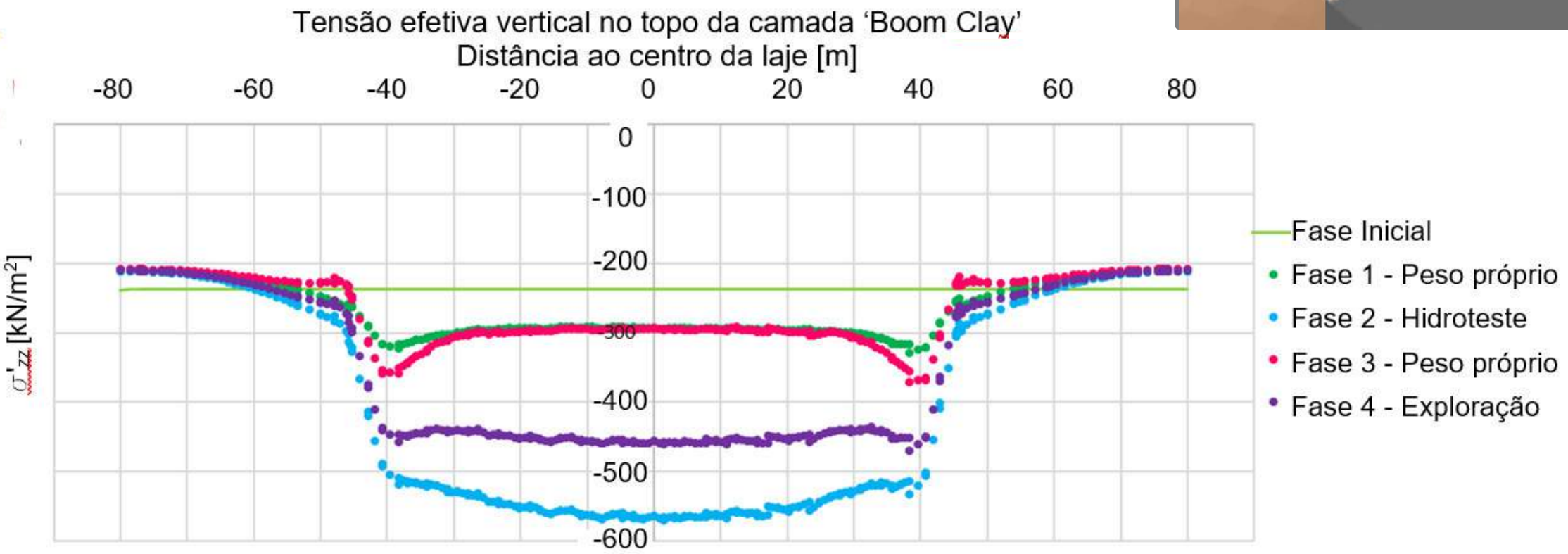
Resultados da Análise Numérica

Tensões Efetivas ao nível do topo da camada 'Boom Clay'



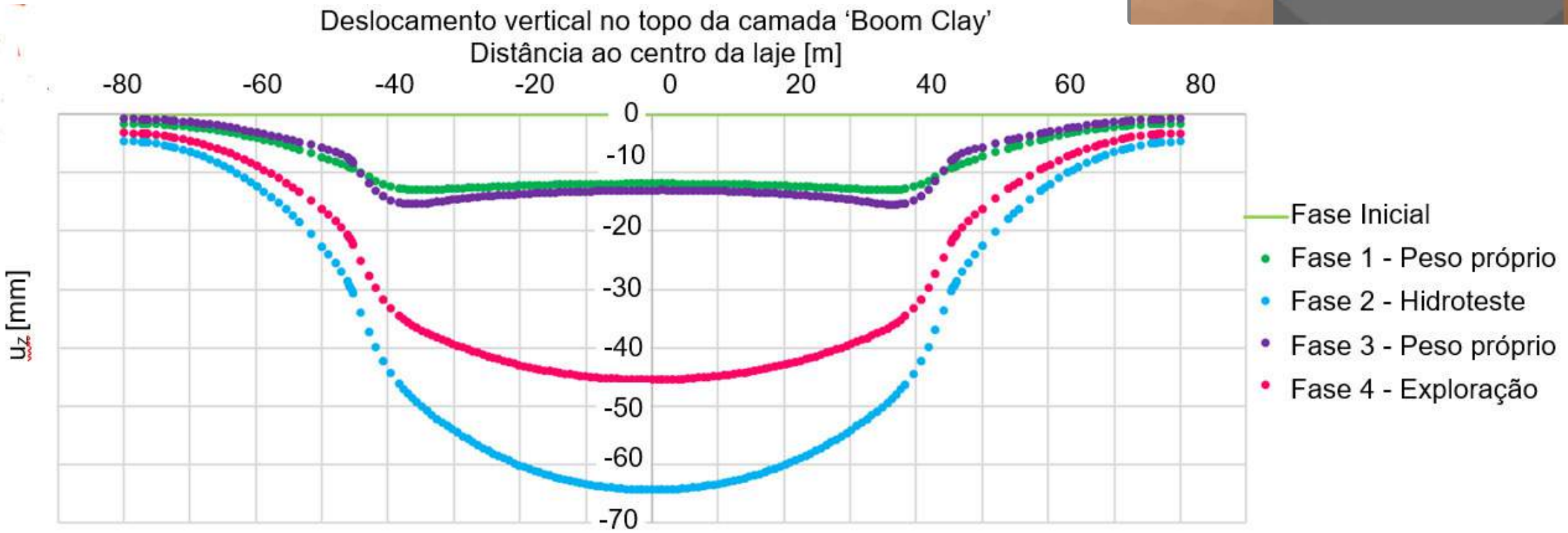
Resultados da Análise Numérica

Tensões Efetivas ao nível do topo da camada 'Boom Clay'



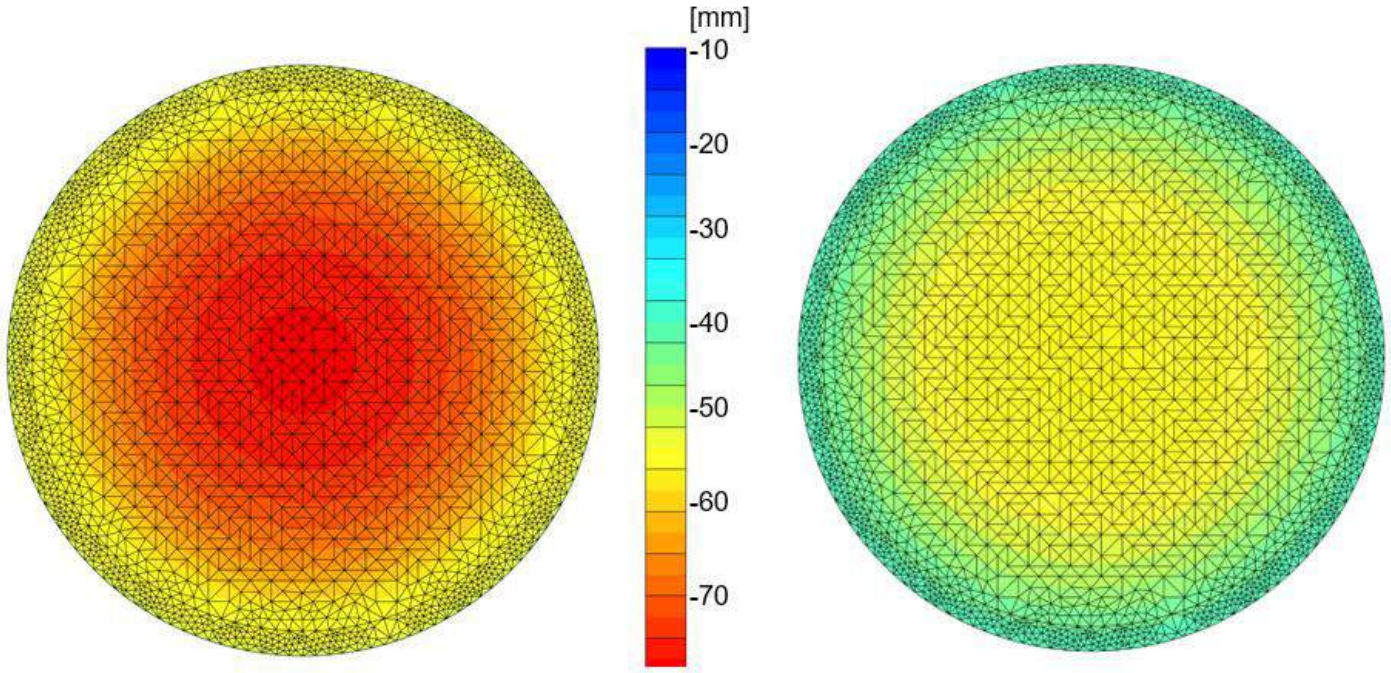
Resultados da Análise Numérica

Deslocamento vertical ao nível do topo da camada 'Boom Clay'



Resultados da Análise Numérica

Assentamento ao nível da laje de fundo do reservatório

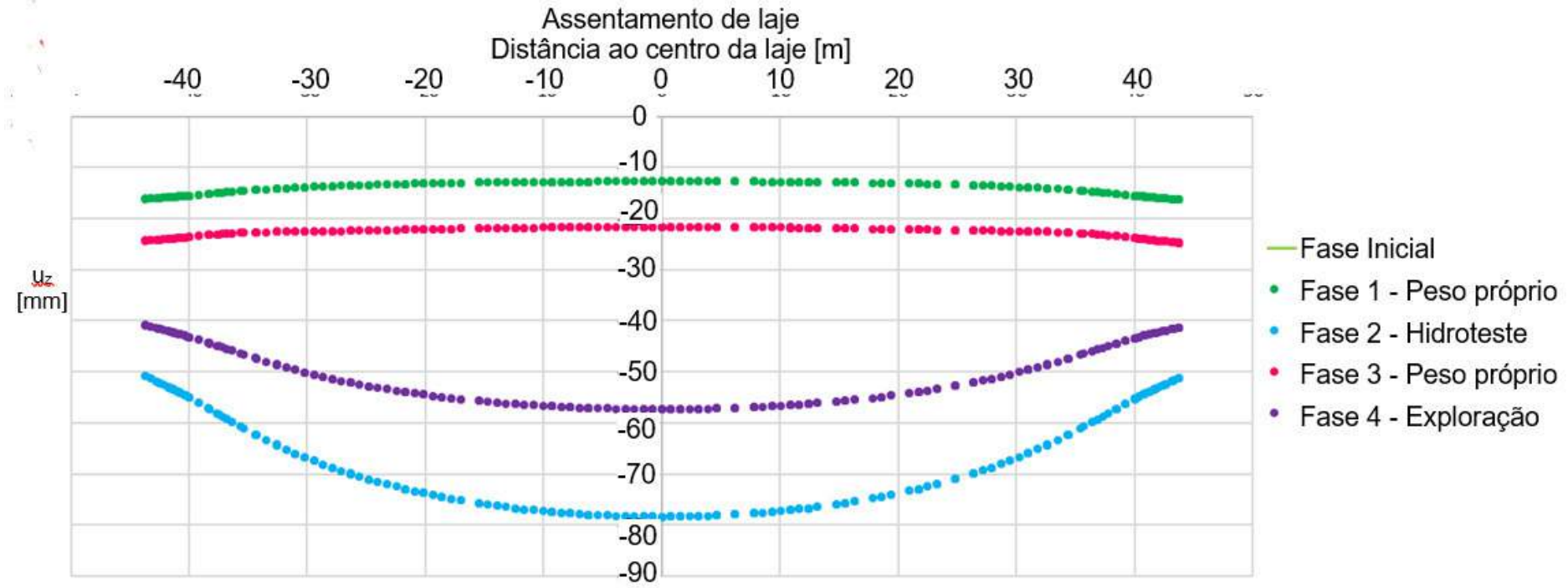


Assentamento máximo diferencial

Fase Hidroteste: 68mm
Fase Exploração: 16mm

Resultados da Análise Numérica

Assentamento ao nível da laje de fundo do reservatório



Assentamento máximo diferencial

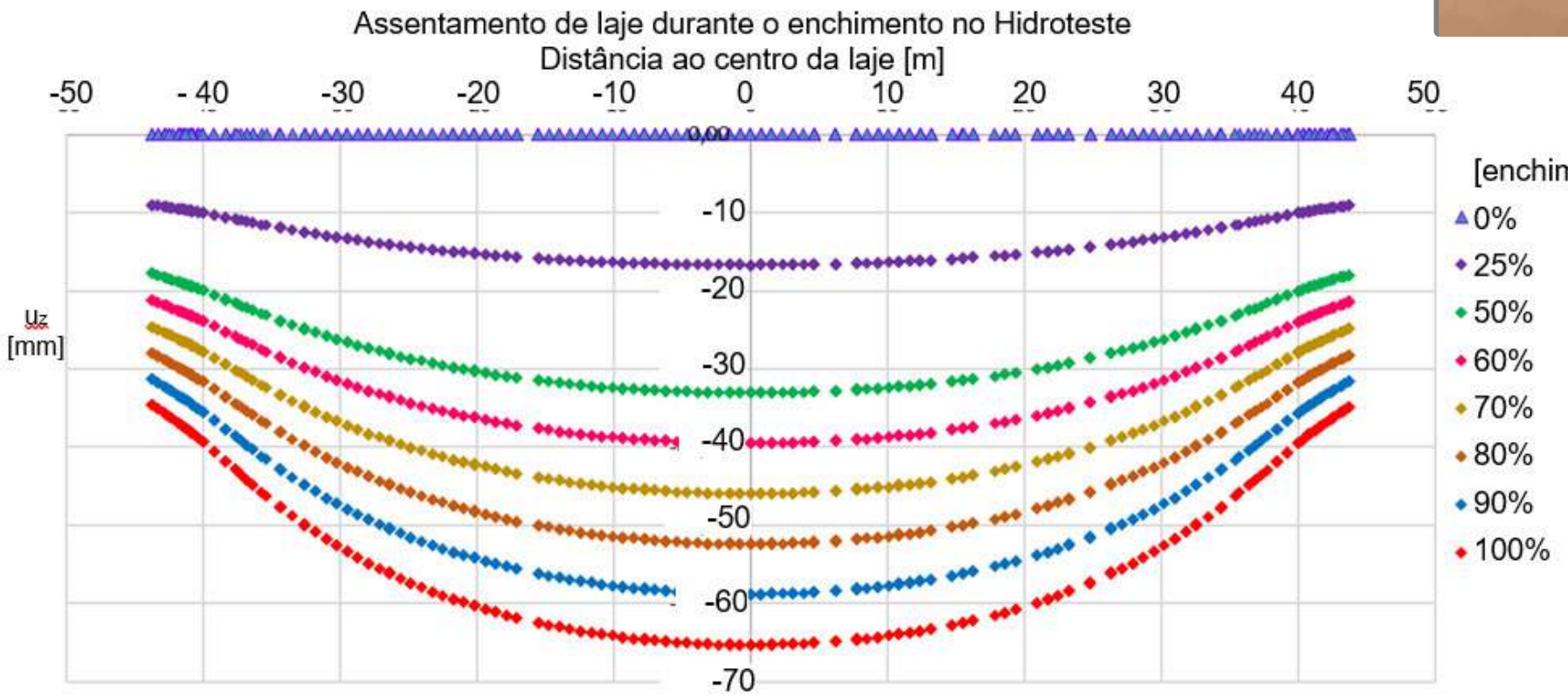
Fase Hidroteste: 68mm
Fase Exploração: 16mm

Resultados da Análise Numérica

I.D.	Caso de Carga	Assentamento absoluto		Assentamento diferencial
		uz,máx [mm]	uz,mín [mm]	Δuz,máx [mm]
Fase 1	Peso próprio	-16	-13	4
Fase 2	Hidroteste	-78	-51	28
Fase 3	Peso Próprio	-25	-22	3
Fase 4	Exploração	-57	-41	16

Resultados da Análise Numérica

Assentamento ao nível da laje de fundo do reservatório



Monitorização Hidroteste

Critérios de Alerta
80% valor referência

Critério de Alarme
130% valor de referência

Índice

- INTRODUÇÃO
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO DO RESERVATÓRIO
- CONDIÇÕES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais

MONITORIZAÇÃO – HIDROTESTE

DISPOSITIVOS

- ✓ **Alvos topográficos** na periferia da laje de fundo
- ✓ **Sensores de nivelamento** líquido sob a laje de fundo

OBJETIVO

- ✓ Acompanhamento dos assentamento ao nível da laje de fundo para o primeiro carregamento
- ✓ Interrupção do hidroteste para assentamento acima do critério de alarme
- ✓ Realização de calibração do modelo e avaliação da necessidade de implementação de medidas de reforço

Considerações Finais

PRINCIPAIS CONCLUSÕES

- ✓ Os assentamentos são altamente condicionados pelo comportamento da camada Oligocénica 'Boom Clay'
- ✓ Aumento das tensões efetivas ao nível da referida camada é significativo
- ✓ Comportamento global da fundação será muito sensível a parametrização geomecânica da camada, a qual foi deficientemente caracterizada nas campanhas de prospeção

- ✓ Elevada importância da realização do Hidroteste e da monitorização do mesmo para apoio às retroanálises
- ✓ Realização de retroanálises para calibração dos modelos e melhor estimativa dos assentamentos na fase de exploração

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA PARA A CONSTRUÇÃO DOS PISOS ENTERRADOS DO HOTEL MELIÃ, LISBOA

CARVALHO, Neuza
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA PARA A CONSTRUÇÃO DOS PISOS ENTERRADOS DO HOTEL MELIÃ, LISBOA

Carvalho, Neuza, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, ncarvalho@jetsj.com
Fartaria, Catarina, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, cfartaria@jetsj.com
Pinto, Alexandre, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com

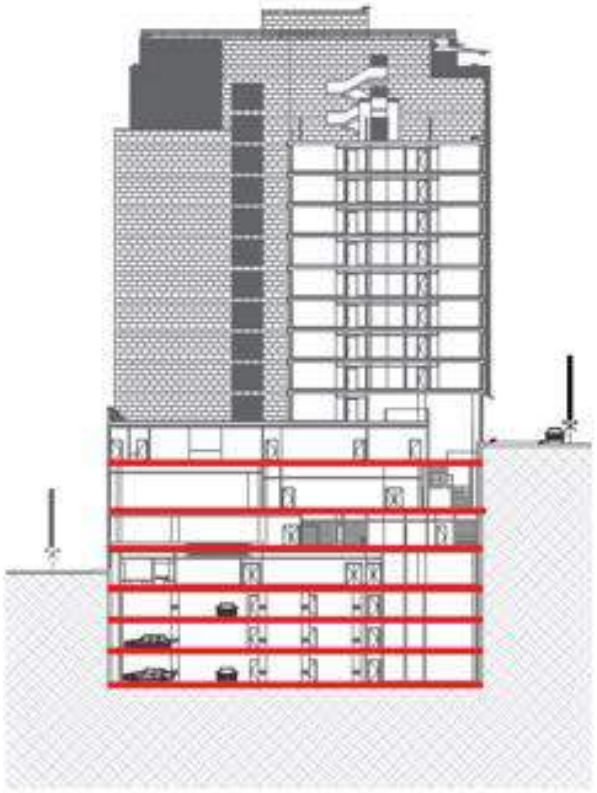
Índice

- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
- DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES
- INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **ENQUADRAMENTO GERAL**
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
- DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES
- INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

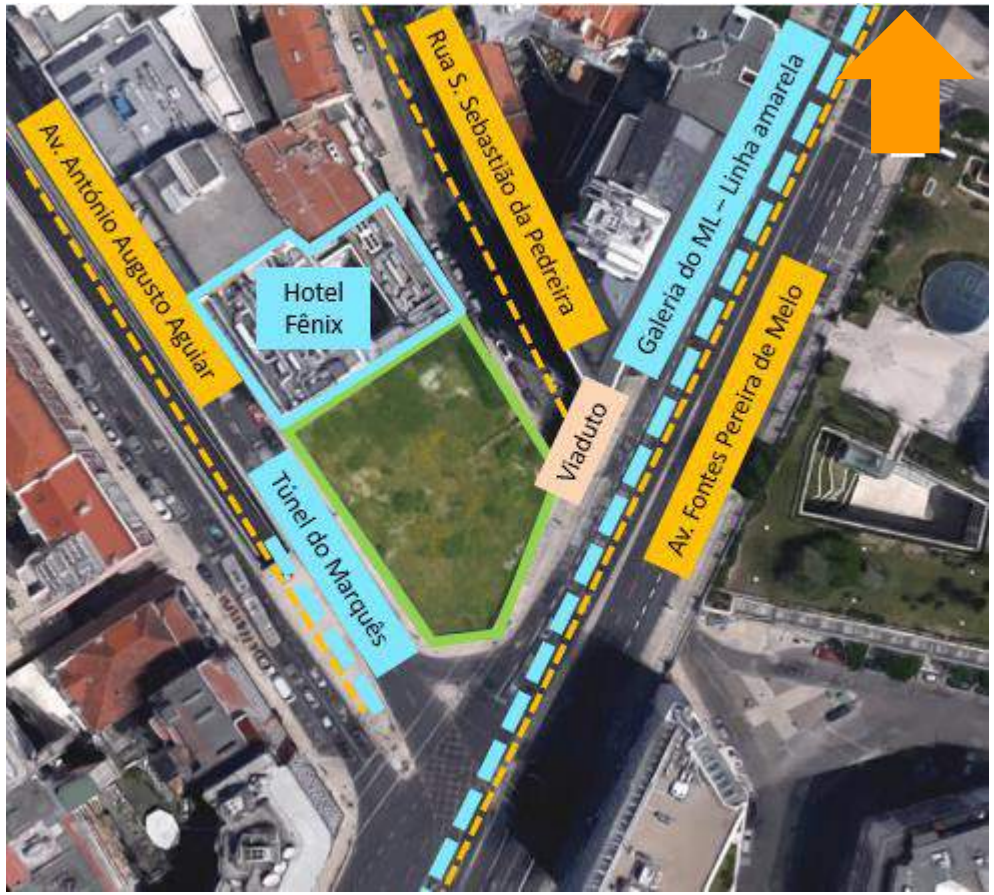
Enquadramento Geral



EDIFÍCIO DO HOTEL MELIÃ

- Área em planta: 1430m2
- 12 pisos elevados
- 6 pisos enterrados
- Altura máxima escavação: 22m

Enquadramento Geral



ESCAVAÇÃO EM MEIO URBANO

MULTIPLICIDADE DE CONDICIONANTES

- Construções pré-existentes
- Viaduto Av. FPM
- Edifício adjacente e edifícios vizinhos
- Galeria do Metropolitano de Lisboa (ML)
- Túnel do Marques de Pombal (TM)
- Condicionamentos Arquitetónicos

Índice

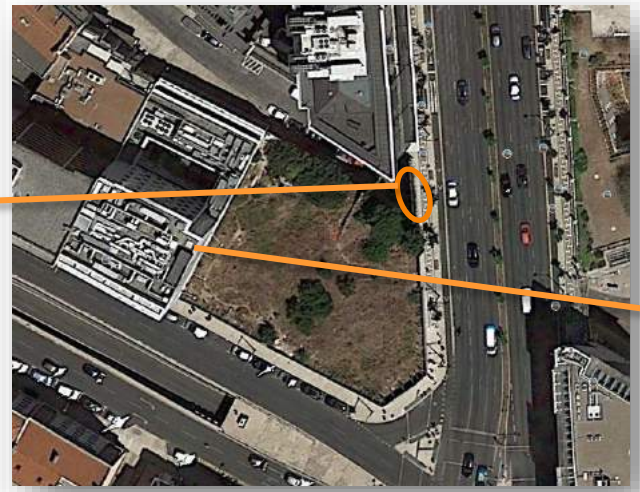
- ENQUADRAMENTO GERAL
- **PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS**
- SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
- DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES
- INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Principais Condicionamentos

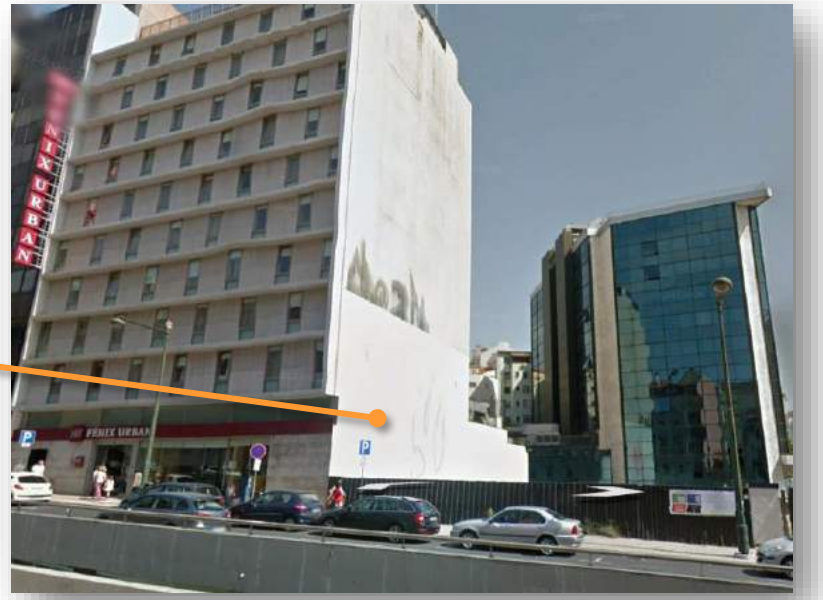
ESTRUTURAS VIZINHAS

VIADUTO DA AV.ª FONTES PEREIRA DE MELO

- Datado de 1900
- Estrutura sensível



EDIFÍCIOS ADJACENTES

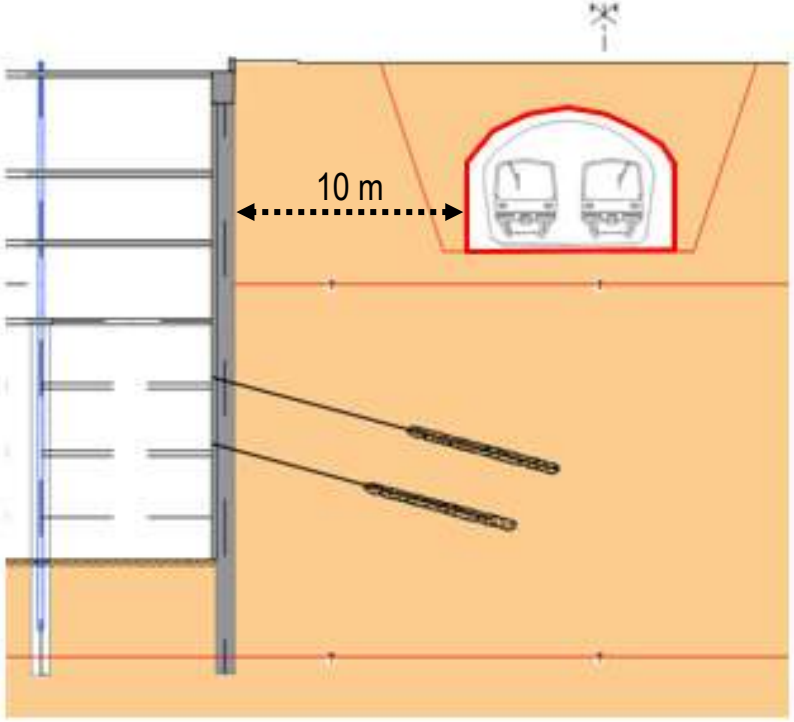


Principais Condicionamentos

ESTRUTURAS VIZINHAS

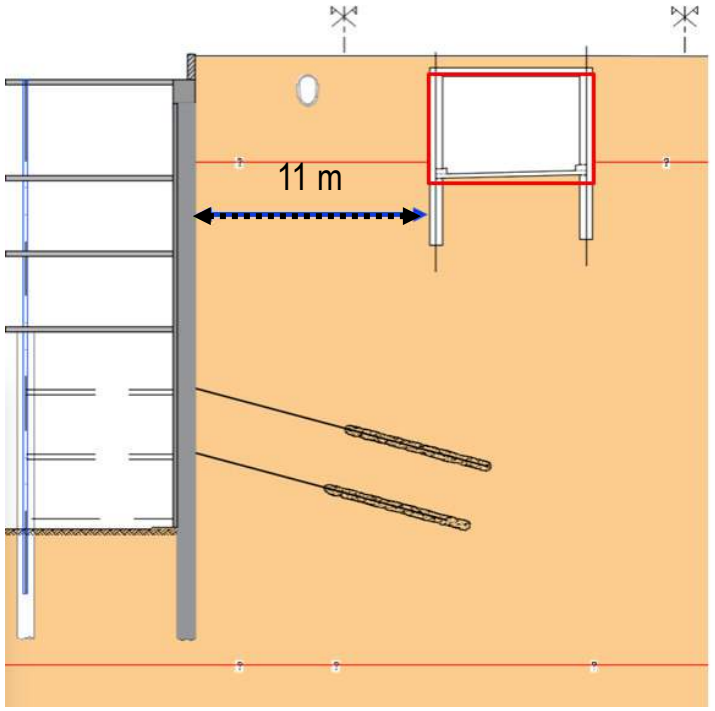
GALERIA DO METROPOLITANO DE LISBOA

Av. Fontes Pereira de Melo

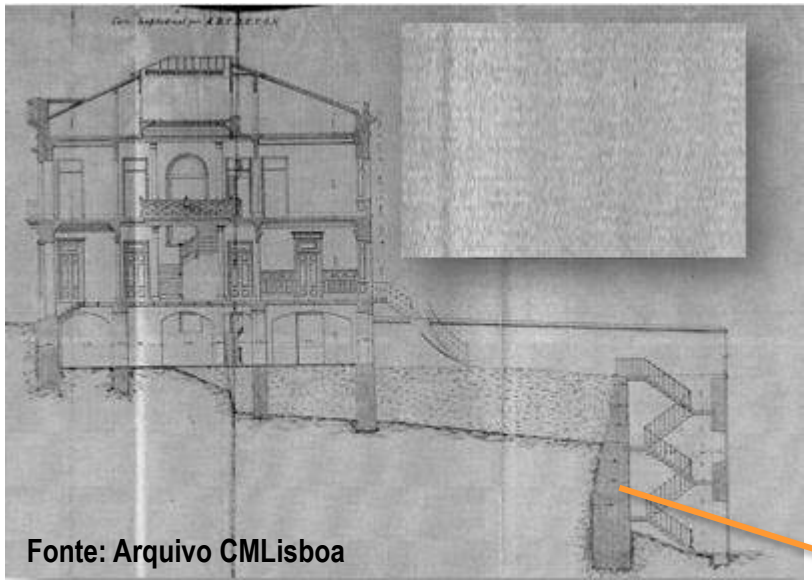


TÚNEL DO MARQUES DE POMBAL

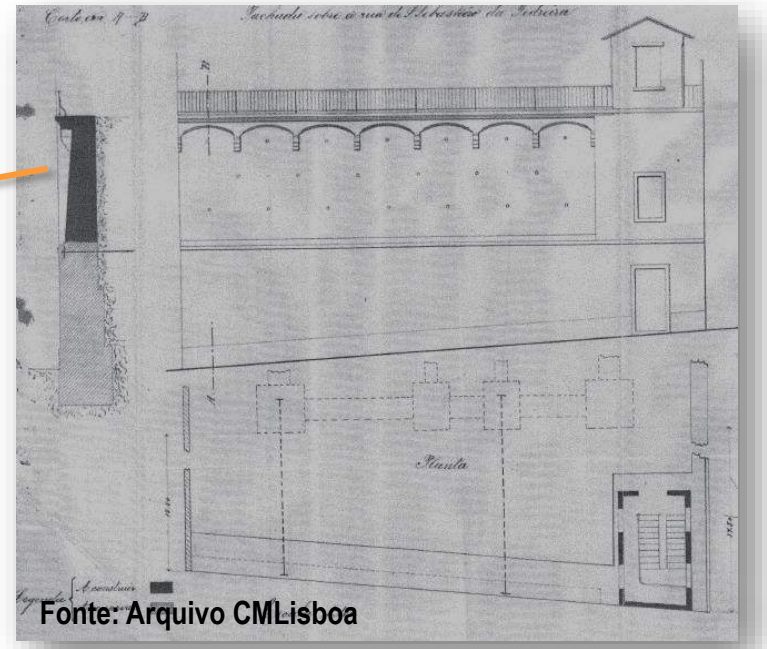
Av. António Augusto Aguiar



Principais Condicionamentos



Fonte: Arquivo CMLisboa



Fonte: Arquivo CMLisboa

PRÉ-EXISTÊNCIAS

- 2 lotes / 2 moradias previamente demolidas;
- Elementos de fundação presentes;
- Muro de gravidades com secções distintas;

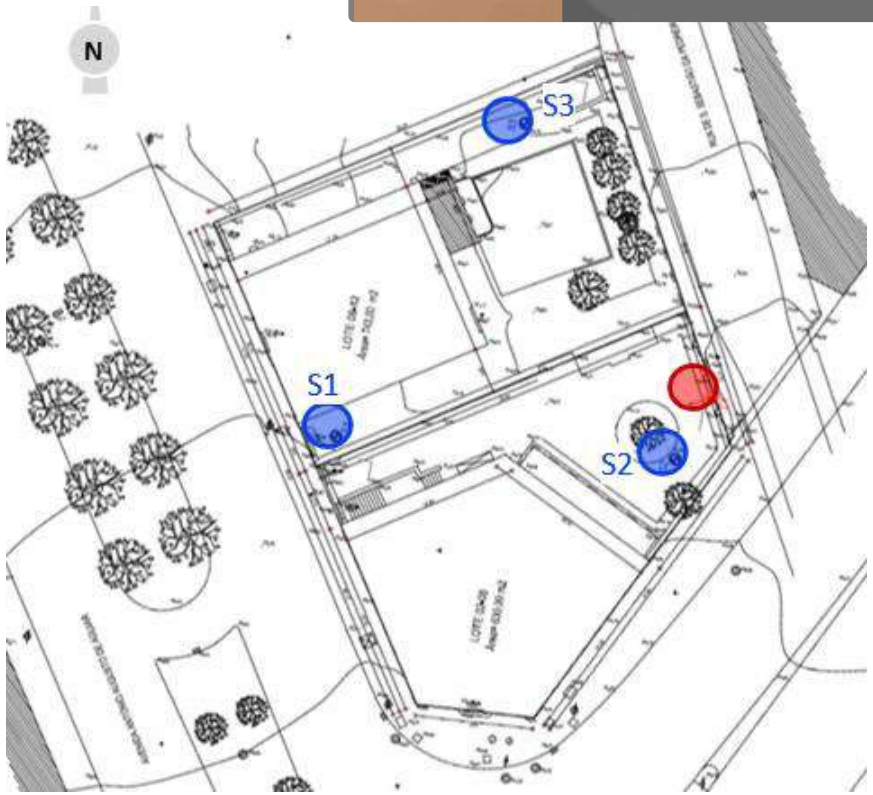
Principais Condicionamentos

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

PLANO DE PROSPEÇÃO

- 3 Sondagens Geotécnicas
- Ensaios SPT em profundidade

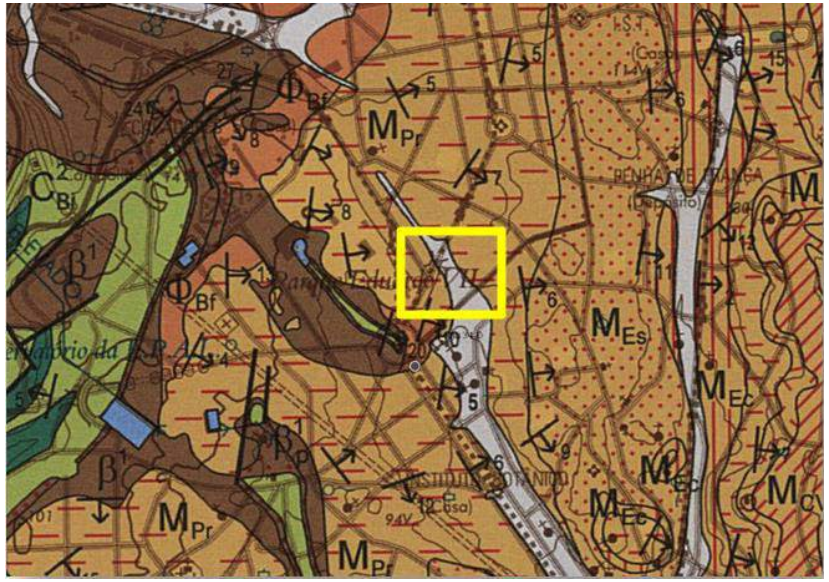
  - Ensaios Laboratoriais
  - Análise granulométrica
  - Determinação dos limites de consistência de Atterberg (LL e LP)
  - Ensaio de Corte direto do Tipo CU
  - 1 Carote no muro de suporte



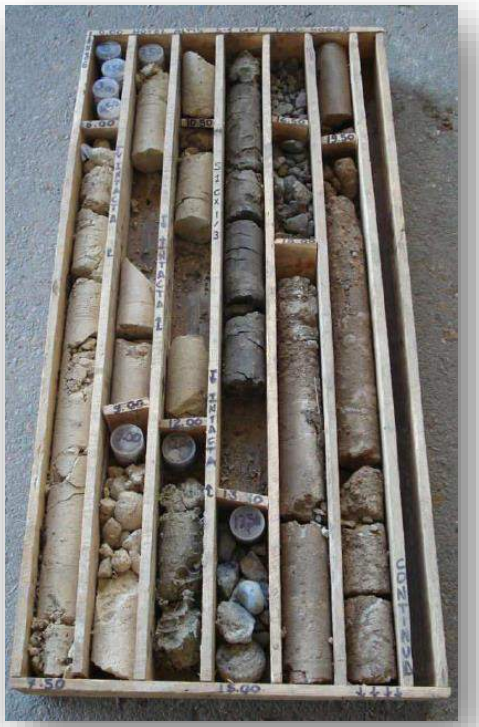
Principais Condicionamentos

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

- Aterros (At);
- Aluviões (a);
- Miocénico (MI1): Argilas e Calcários dos Prazeres; Complexo vulcânico de Lisboa (β)

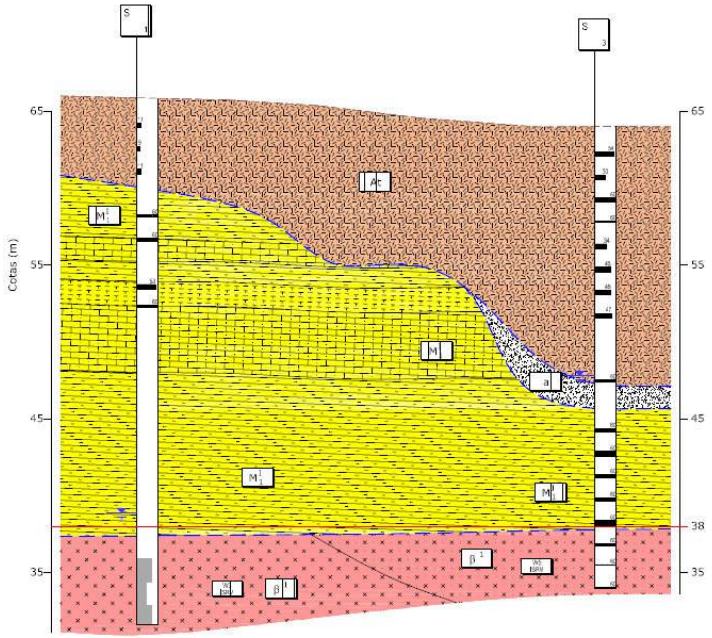


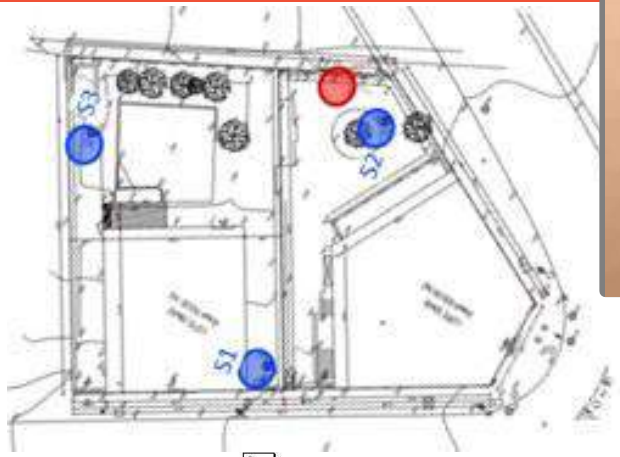
Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 34D - Lisboa

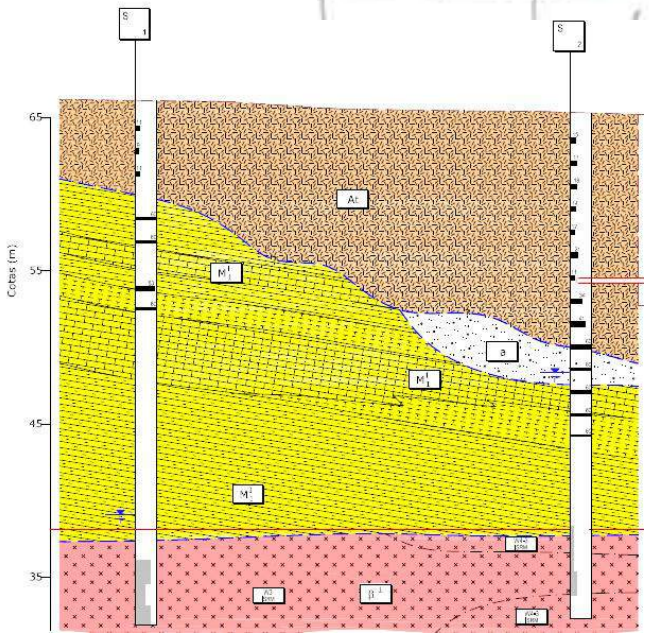


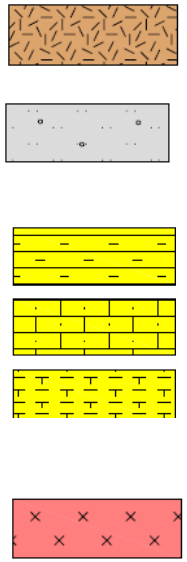
Principais Condicionamentos

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO









	Tipo de terreno	N_{SPT}	Peso volúmico γ_t (kN/m^3)	Ângulo de atrito interno ϕ	Coesão C' (KPa)	Módulo de Deformabilidade E (MPa)
At	*Areias silto argilosas e calhaus*	9 – 60	18	27	-	8
a	*Areias e siltes com seixo abundante*	60	18	30	-	10
M^I_1	*Argilitos brandos a sub rochosos com frequentes passagens calco-margosas*	>60	20	32	25	60
		-	21	36	30	60 - 70
	Argila-margosa com intercalações calco-margosas	53 – 60	20	30	20	50 – 60
	Calco-arenito / Calcário gresoso	>60	21	35	25	60
		W_{5-4}	21	38	20	60 - 70
β	*Basalto decomposto (areias siltosas)*	W_5 (N_{SPT}>60)	21	34	20 - 25	60
	Basalto	W_{4-3} / W_3	21	40	25 - 30	60 - 80

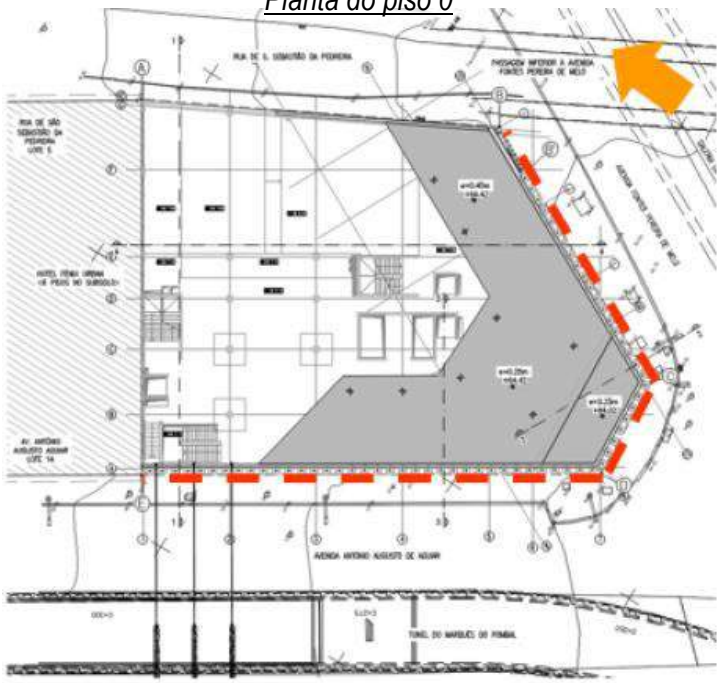
Índice

- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **PRINCIPAIS SOLUÇÕES**
- DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES
- INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

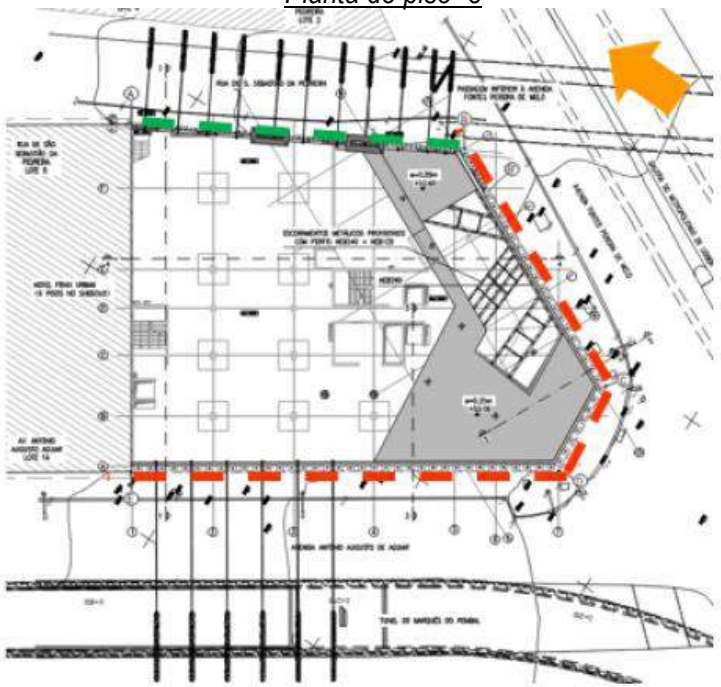
Soluções construtivas

- Cortina de Estacas Φ800mm//1.20m - Solução 1
- Colunas de calda de cimento armadas Φ250mm//0.25m + Berlim Definitivo (e=0,30m) - Solução 2

Planta do piso 0



Planta do piso -3



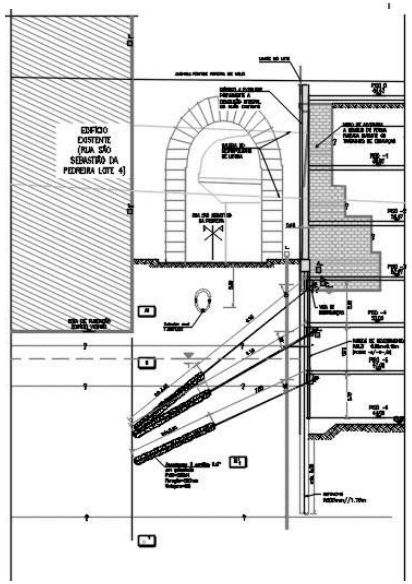
Planta do piso -4 a -6

Legenda: **Cortina de estacas (Solução 1)** **Berlim Definitivo (Solução 2)**

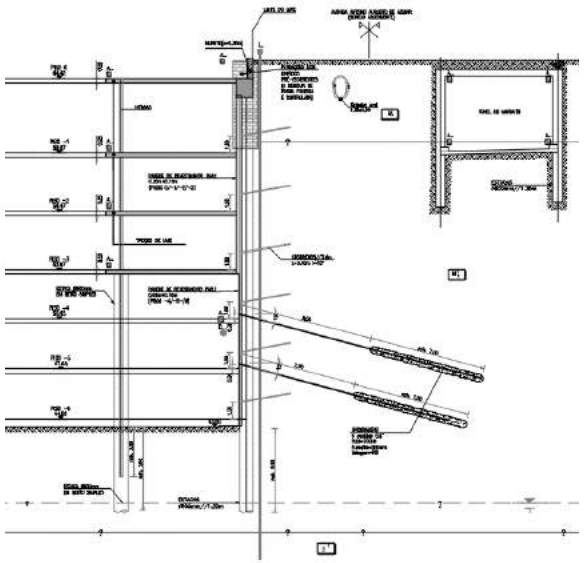
Soluções construtivas

- Cortina de Estacas Φ800mm//1.20m - Solução 1
- Colunas de calda de cimento armadas Φ250mm//0.25m + Berlim Definitivo (e=0,30m) - Solução 2

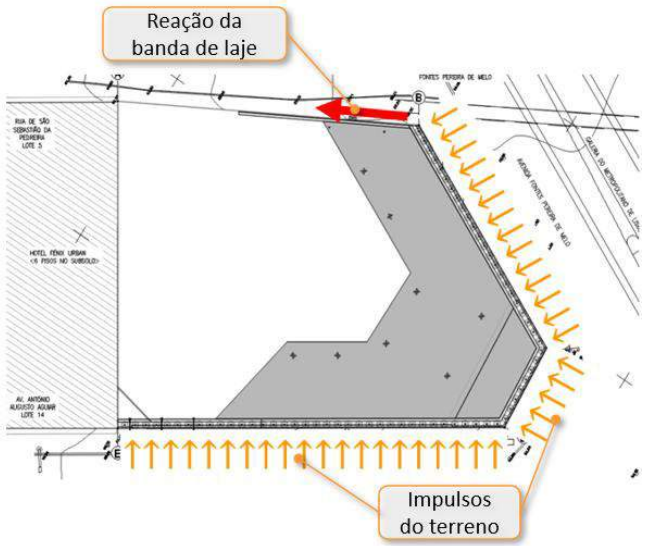
Corte do alçado da Rua São Sebastião da Pedreira



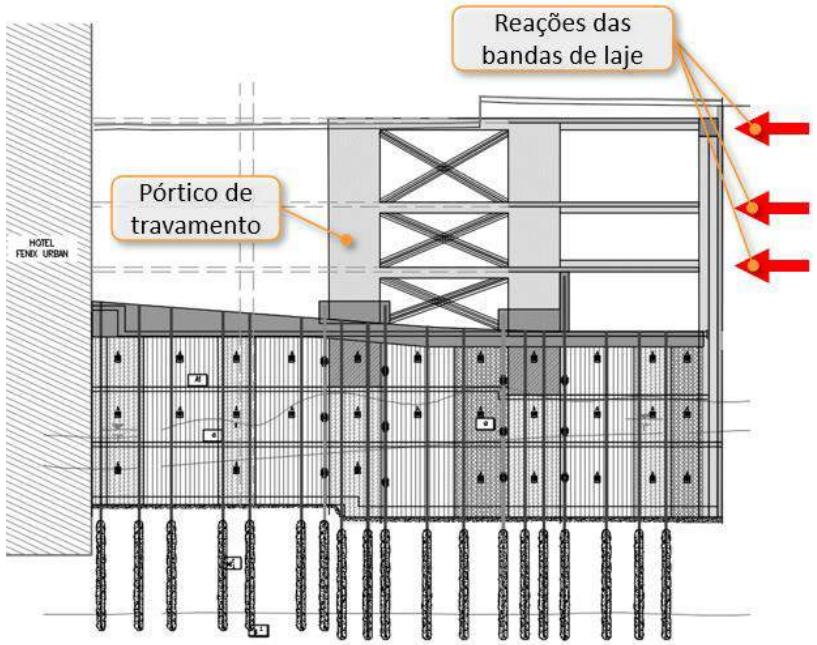
Corte do alçado da Rua António Augusto Aguiar



Planta do pórtico de travamento

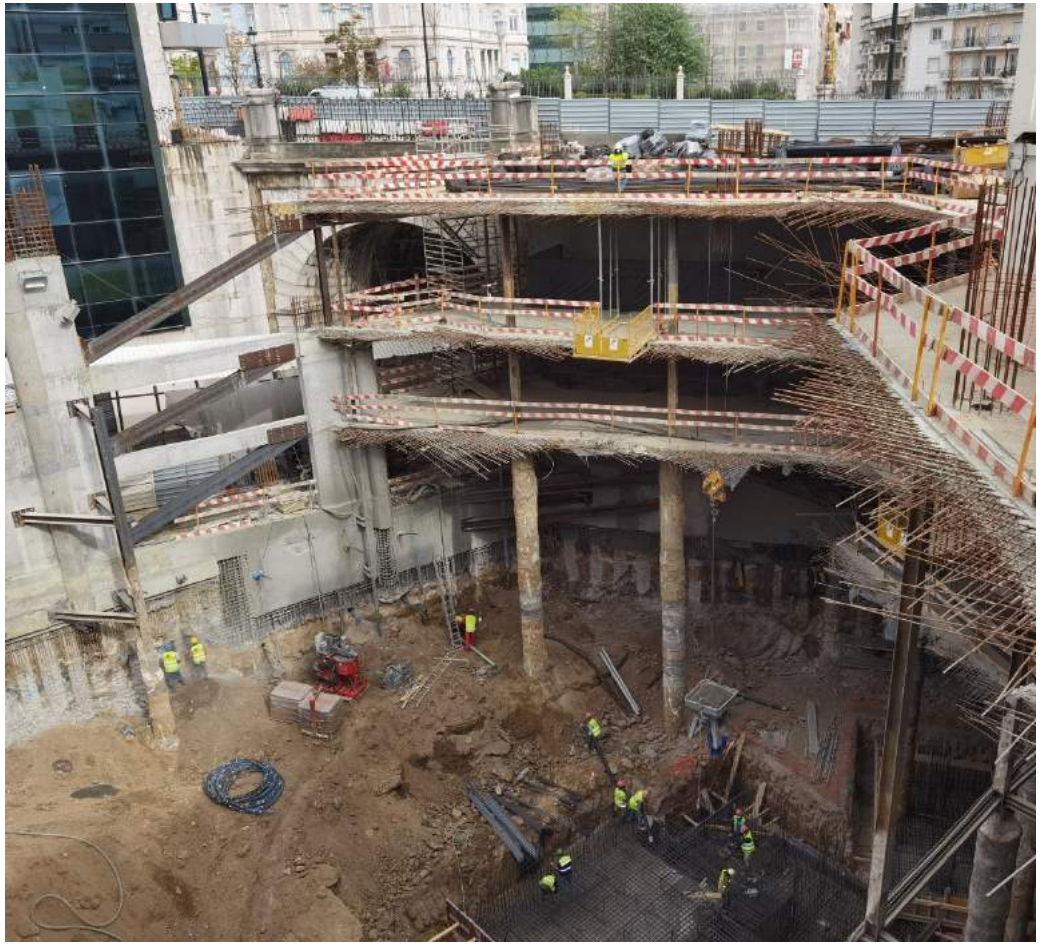


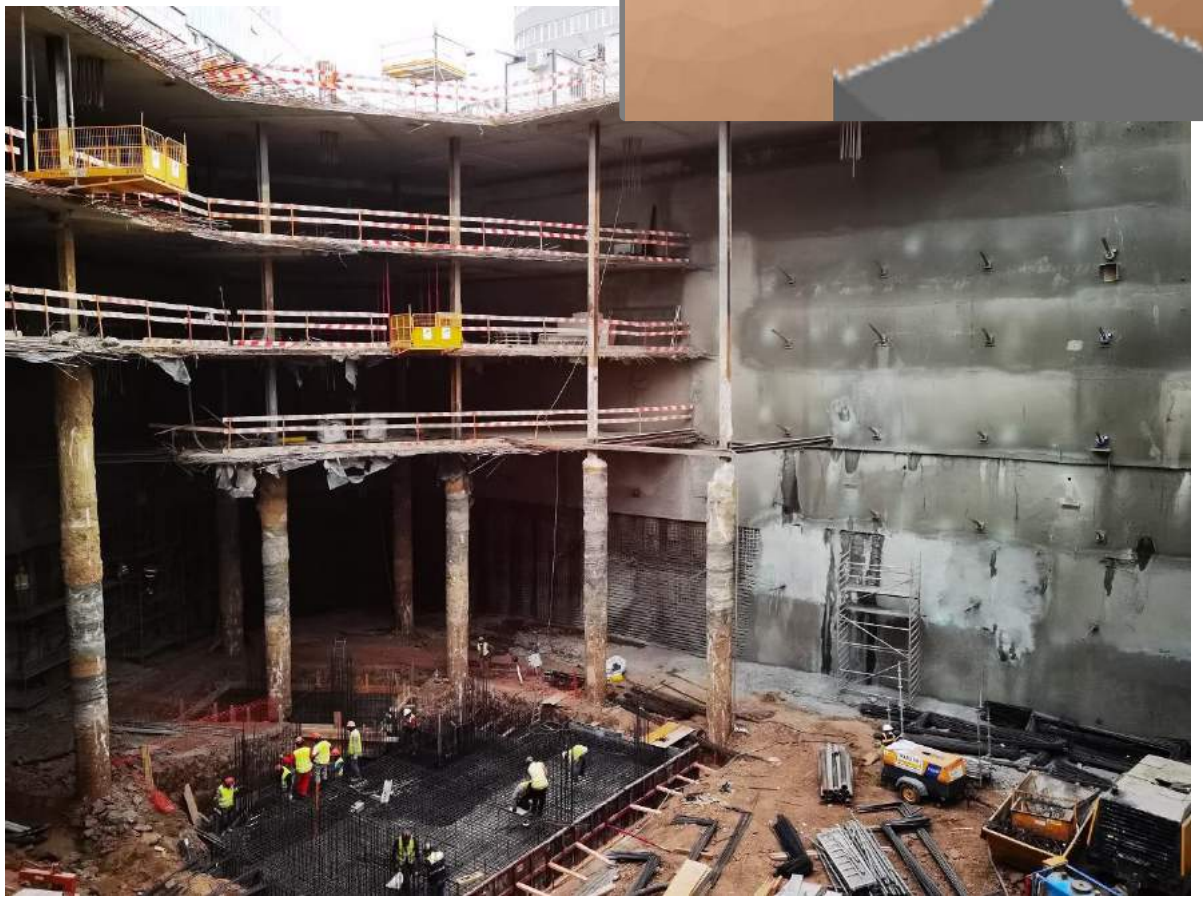
Alçado da Rua São Sebastião da Pedreira



Soluções construtivas

SOLUÇÕES GERAIS

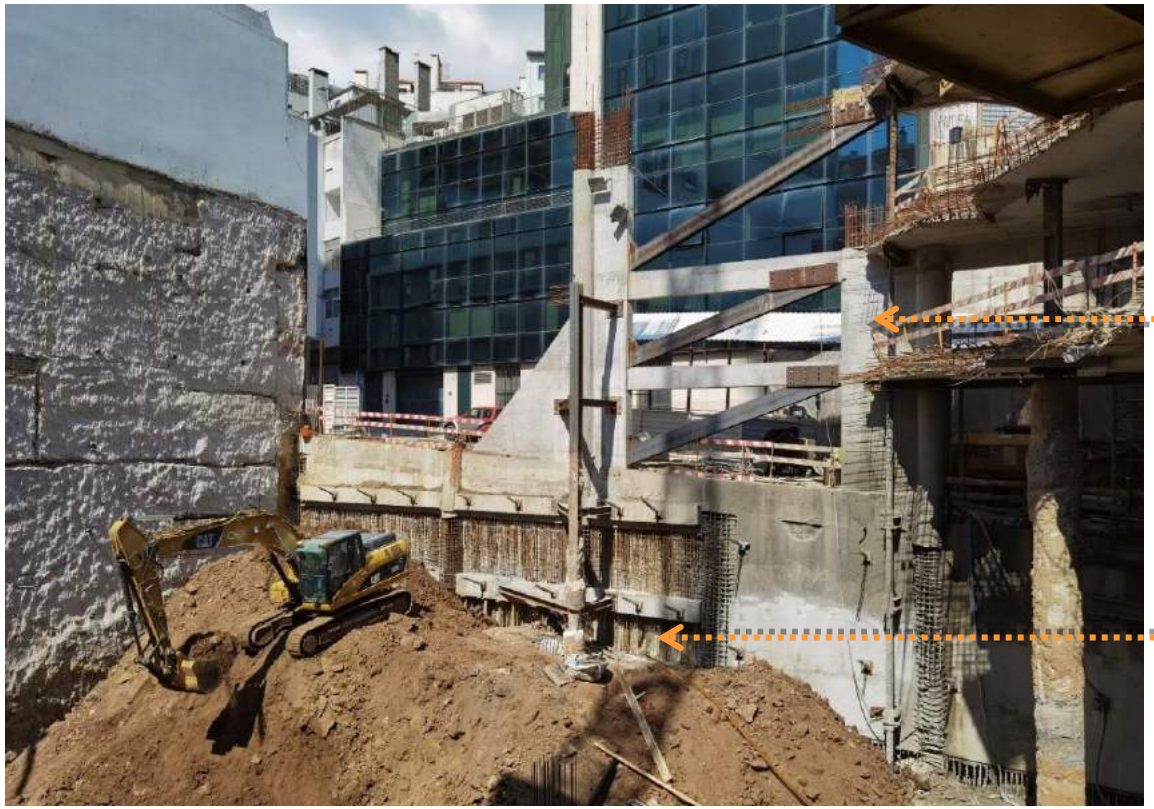




Soluções construtivas

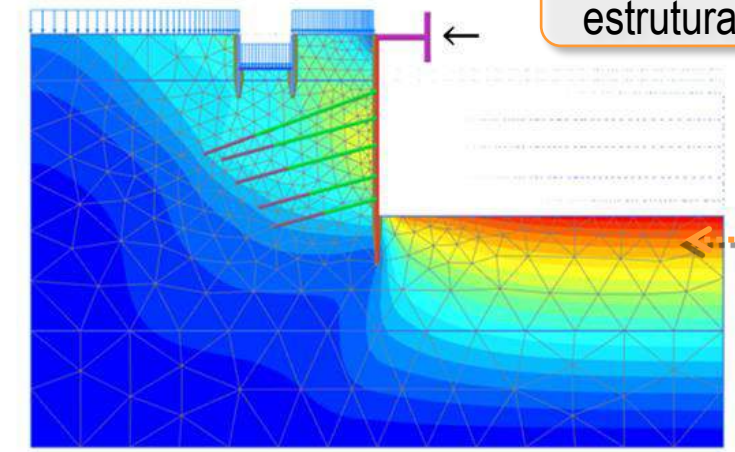
ADAPTAÇÕES EM FASE DE OBRA

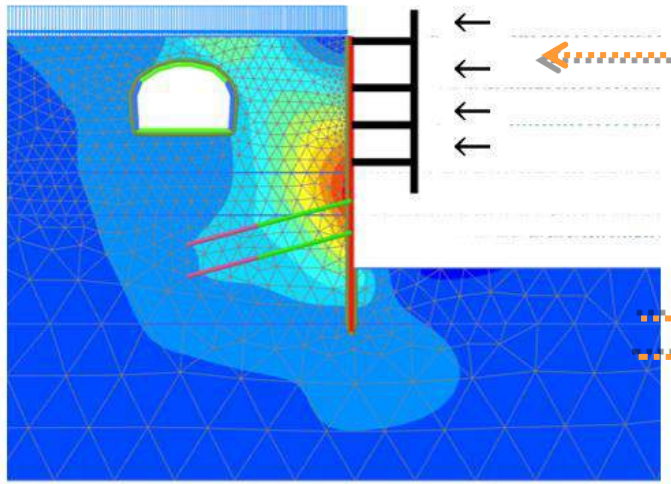
- Geometria do pórtico de travamento
- Substituição de parte do Berlim “Definitivo” por cortina de estacas Φ500mm//0.75m



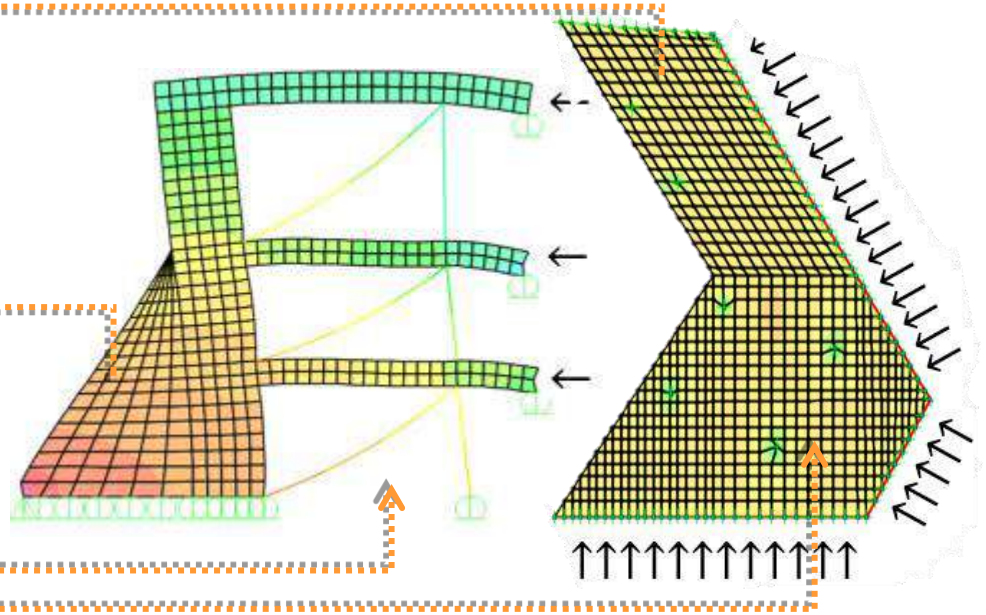
Dimensionamento das soluções

Software análise estrutural **PLAXIS 2D** ⇄ Software de elementos finitos **SAP2000**





Rigidez do apoio elástico obtido a partir da análise do comportamento do troço de laje e pórtico de travamento



Reação no apoio elástico usada como Acão (Fy) no dimensionamento da laje e pórtico de travamento

Parametrização geológico-geotécnica (Modelo Hardening Soil - Plaxis 2D)

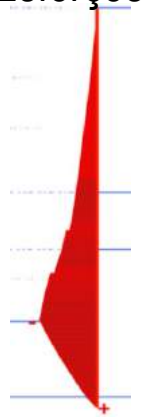
Descrição / ZG	N_{SPT}	γ (kN/m³)	$\varnothing'$ (º)	c' (kPa)	E_{50}^{ref}/ E_{oed}^{ref} (MPa)	E_{ur}^{ref} (MPa)	m (-)	R_f (-)
Areias silto-argilosas e calhaus / A_a	9-60	18	27	-	8	24	0,5	0,9
Areias e siltes com seixo abundante / *a*	60	18	30	-	10	30	0,5	0,9
Argilitos brandos a sub-rochosos com frequentes passagens calco-margosas / M'_1	>60	20	32	25	60	180	1	0,9
Argilas margosa com intercalações calco-margosas/ M'_1	53-60	20	30	20	50	150	1	0,9
Calco-arenito/ Calcário gresoso/ M'_1	W_{5-4}	21	36	25	60	180	1	0,9
Basalto decomposto (areias siltosas) / β	W_5	21	34	25	60	180	1	0,9
Basalto / β	W_{4-3}	21	40	25	70	210	1	0,9

Parametrização dos elementos do modelo (Plaxis 2D)

Elemento	EA [kN/m]	EI [kNm²/m]	L [m]
Parede de contenção (e=0,30m)	9 900 000	74 250	-
Cortina de estacas Ø800//1.20m	184 300 000	737 200	-
Microestaca N80 Φ139,7x9,0mm	240 300	510	2,5m
Ancoragens provisórias 6 cordões	176 400	-	3,0m
Banda de laje Piso 0	1 000 000	-	-
Banda de laje Piso -1	111 000	-	-
Banda de laje Piso -2	111 000	-	-
Banda de laje Piso -3	50 000	-	-

Dimensionamento das soluções

- Esforços:



Axial forces N (scaled up 5,00*10^{-3} times)

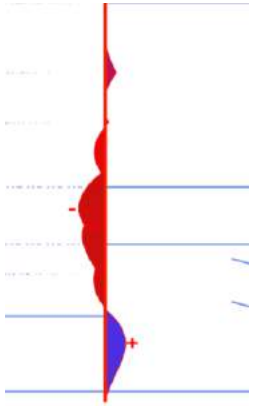
Maximum value = 2,242 kN/m (Element 81 at Node 4807)

Minimum value = -800,2 kN/m (Element 76 at Node 6237)

Shear forces Q (scaled up 0,0100 times)

Maximum value = 220,1 kN/m (Element 76 at Node 6237)

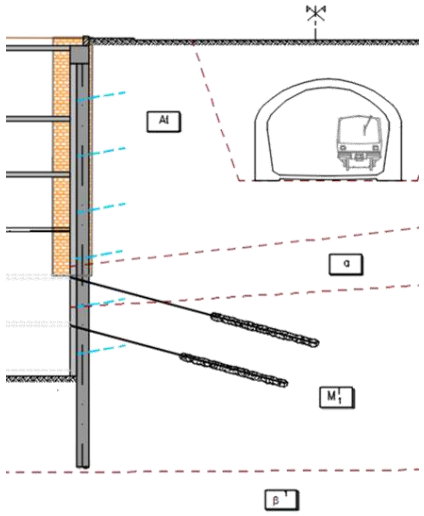
Minimum value = -254,8 kN/m (Element 64 at Node 12950)



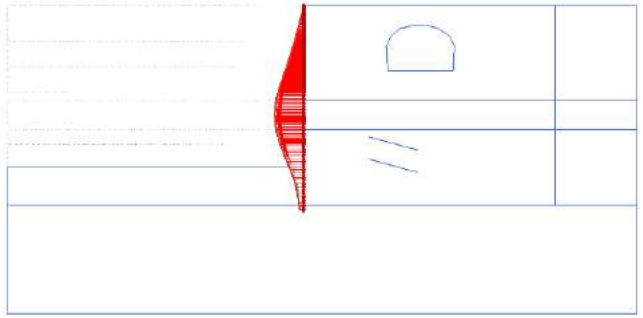
Bending moments M (scaled up 5,00*10^{-3} times)

Maximum value = 281,1 kN m/m (Element 78 at Node 5914)

Minimum value = -369,8 kN m/m (Element 67 at Node 11259)



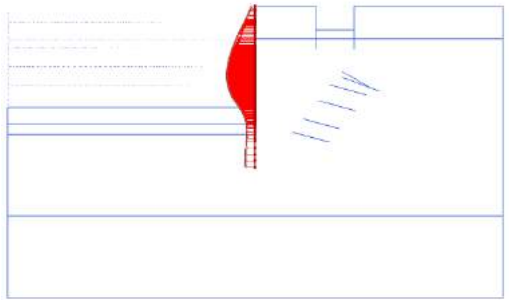
- Deformações estimadas:



Total displacements u_x (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,5940*10^{-3} m (Element 1 at Node 18390)

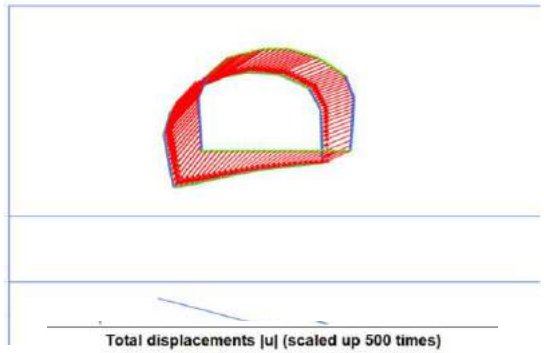
Minimum value = -0,01926 m (Element 67 at Node 11257)



Total displacements u_x (scaled up 500 times)

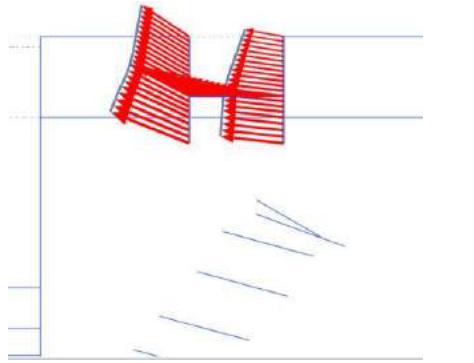
Maximum value = -1,184*10^{-3} m (Element 1 at Node 4992)

Minimum value = -0,01024 m (Element 39 at Node 2645)



Total displacements |u| (scaled up 500 times)

Maximum value = 6,160*10^{-3} m (Element 17 at Node 8331)



Total displacements |u| (scaled up 1,00*10^{3} times)

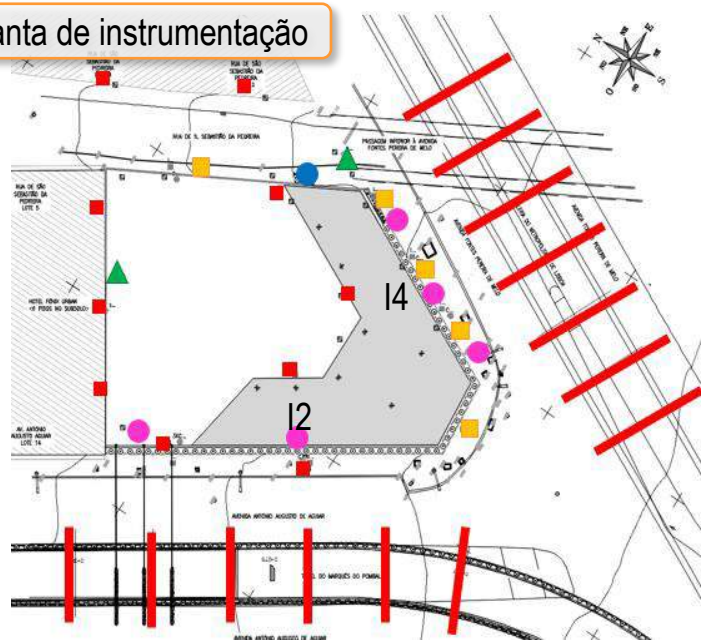
Maximum value = 6,265*10^{-3} m (Element 24 at Node 1319)

Índice

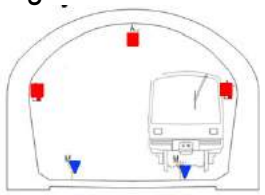
- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
- DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES
- **INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Instrumentação e Observação

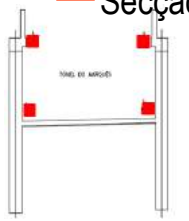
Planta de instrumentação



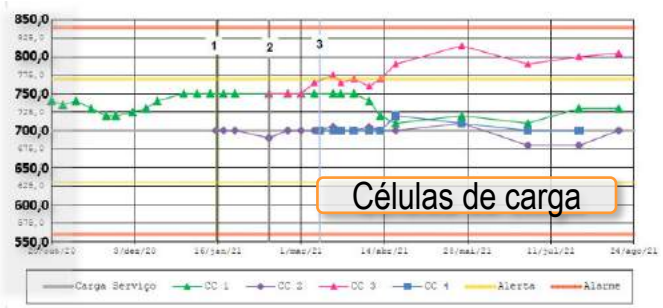
- Alvos topográficos
- Células de carga
- Piezómetros
- Sismógrafos
- Inclinómetros
- Secção de instrumentação



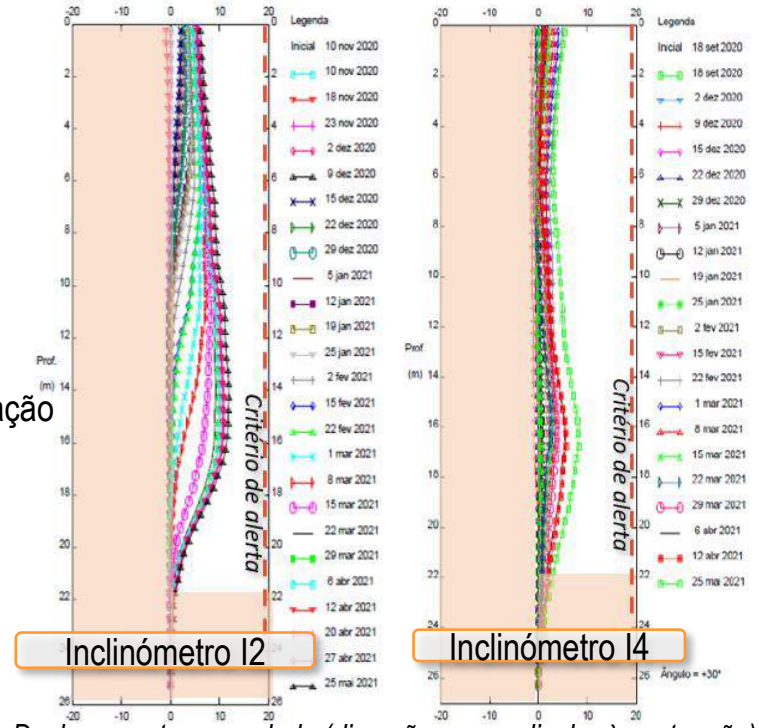
Secção de instrumentação Galeria do Metropolitano



Secção de instrumentação Túnel do Marquês



Células de carga



Inclinómetro I2

Inclinómetro I4

Deslocamento acumulado (direcção perpendicular à contenção)

Estrutura	Critério de Alerta	Critério de Alarme
Estrutura de Contenção	Δh =20mm	Δh =40mm
	Δv =10mm	Δv =20mm
Ancoragens	Δcarga=5%	Δcarga=10%
Edifícios Vizinhos	Δh =20mm	Δh =30mm
	Δv =15mm	Δv =25mm
Túnel do Marquês	Δh =7mm	Δh =10mm
	Δv =7mm	Δv =10mm
Galeria do Metropolitano	Δd =7mm	Δd =10mm
Carris do Metropolitano	Δv=3mm para corda 6m	Δv=5mm para corda 6m
	Δh=3mm para corda 4m	Δh=5mm para corda 4m

Índice

- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES CONSTRUTIVAS
- DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES
- INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações finais

- Definição de soluções compatíveis com a envolvente ao nível:
  - das estruturas/infraestruturas vizinhas;
  - das condições geológico-geotécnicas;
  - do faseamento construtivo;
  - da minimização de custos através da incorporação de elementos da estrutura definitiva;
  - da versatilidade/adaptabilidade ao cenário real em obra.

- Importância do sistema de instrumentação e observação na validação das soluções propostas.

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO APLICADAS EM EDIFÍCIO NA AVENIDA ALMIRANTE REIS 53, LISBOA

MARQUES, Pedro
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO APLICADAS EM EDIFÍCIO NA AVENIDA ALMIRANTE REIS 53, LISBOA

Marques, Pedro, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, pmarques@jetsj.com
Pinto, Alexandre, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com
Carvalho, Claúdia

Índice

- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

- **ENQUADRAMENTO GERAL**
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquadramento Geral

- Novo edifício: Hotel Estrela Dos Santos
- Localização: Avenida Almirante Reis, Lisboa
- Área de implantação: 225m^2
- Número de pisos elevados: 7
- Altura do edifício: ≈21 metros
- Número de caves: 2
- Profundidade: ≈7 metros

Índice

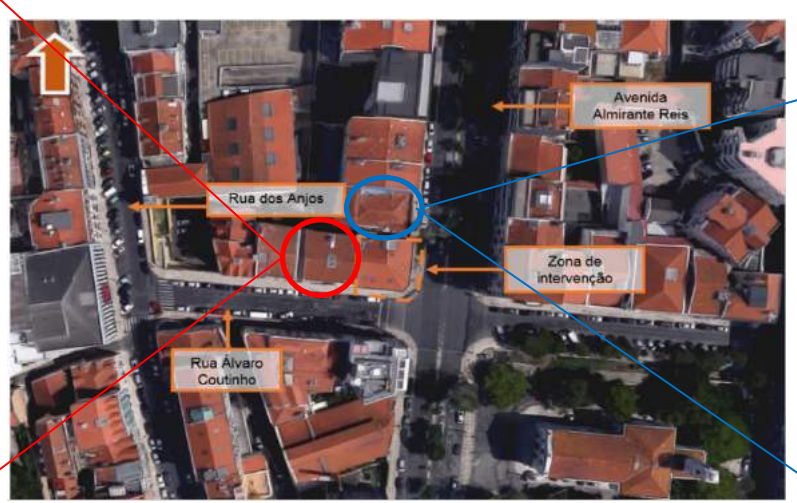
- ENQUADRAMENTO GERAL
- **PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS**
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Principais Condicionamentos

ESTRUTURAS VIZINHAS

Edifício vizinho centenário:

Rua Álvaro Coutinho



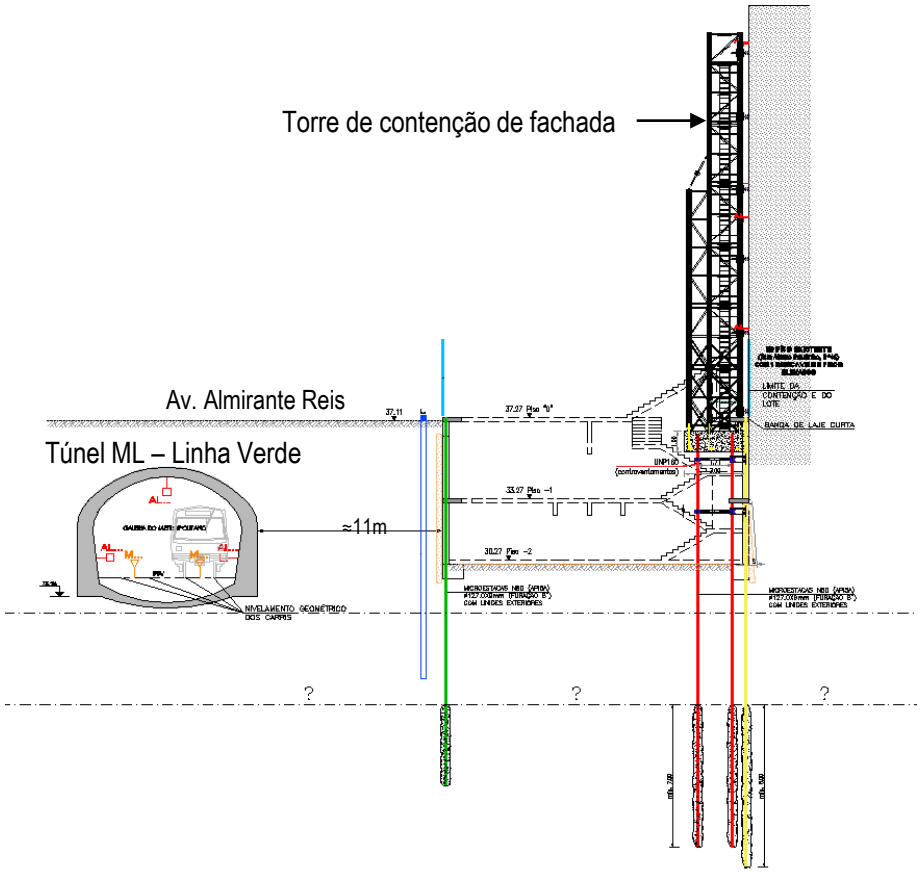
Edifício vizinho:

Av. Almirante Reis

Principais Condicionamentos

ESTRUTURAS VIZINHAS

Corte Transversal



Torres de contenção de fachada

Principais Condicionamentos

PRÉ-EXISTÊNCIAS

- Edifício com 4 pisos elevados;
- Elementos de fundação presentes

Edifício demolido previamente

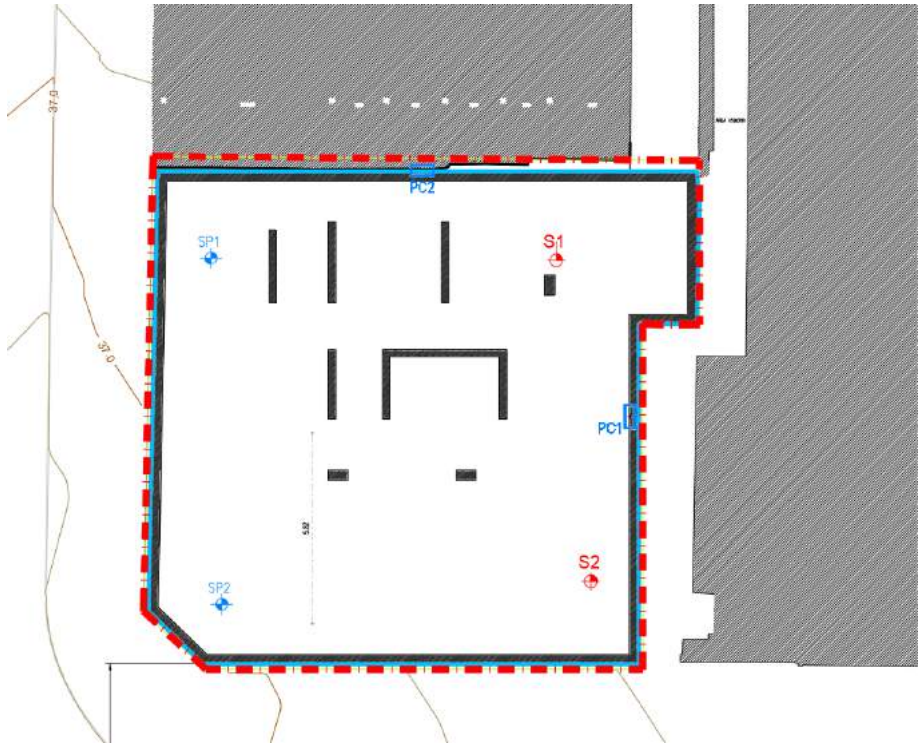
Trabalhos de demolição

Principais Condicionamentos

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E GEOTÉCNICO

PLANO DE PROSPEÇÃO

- 2 Sondagens geotécnicas S...
  - Ensaios SPT em profundidade
- 2 Sondagens geotécnicas com instalação de Piezómetros SP...
  - Ensaios SPT em profundidade
- 2 Poços de prospeção PC...



Principais Condicionamentos

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

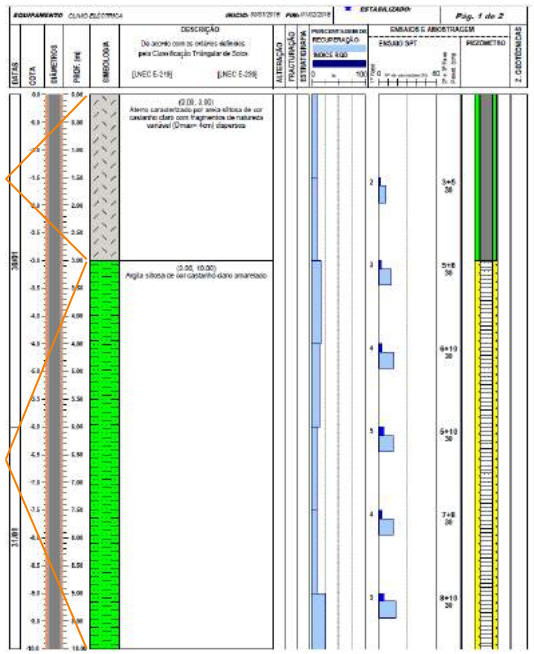
Quadro de zonamento e parâmetros geológicos

Zona Geotécnica	Descrição	Nspt	Y (kN/m³)	ϕ' (º)	E (MPa)
ZG1	Aterros – areia siltosa	<5	16	26	6
ZG2	Miocénico descomprimido - Argila siltosa, por vezes arenosa com fragmentos de natureza variada e dispersos	7-44	18	31	30
ZG3	Miocénico - Lumachela a calcarenito	60	20	38	100

Log's Sondagem S2

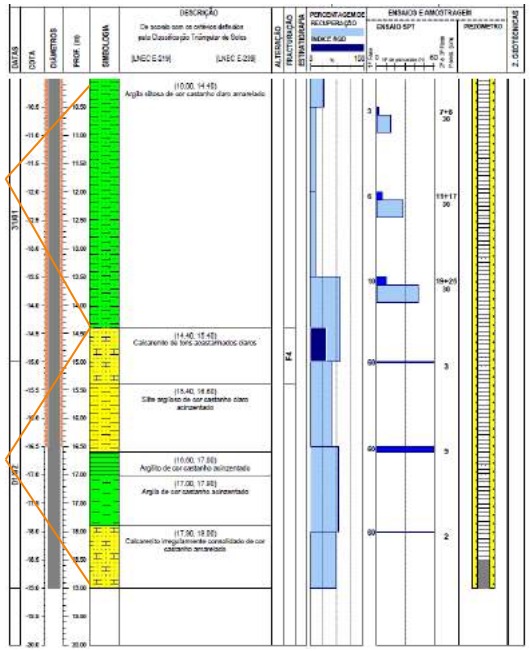
3m

7m



4,5m

4,5m



Principais Condicionamentos

ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Quadro de zonamento e parâmetros geológicos

Zona Geotécnica	Descrição	Nspt	Y (kN/m³)	ϕ' (º)	E (MPa)
ZG1	Aterros – areia siltosa	<5	16	26	6
ZG2	Miocénico descomprimido - Argila siltosa, por vezes arenosa com fragmentos de natureza variada e dispersos	7-44	18	31	30
ZG3	Miocénico - Lumachela a calcarenito	60	20	38	100

Amostras Sondagem S2

Prof.: 0.00m – 9.00m

Prof.: 9.00m – 18.00m

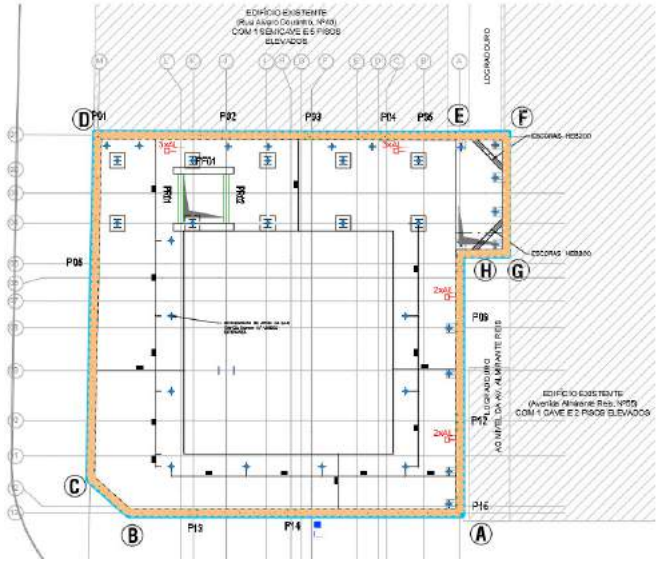
Índice

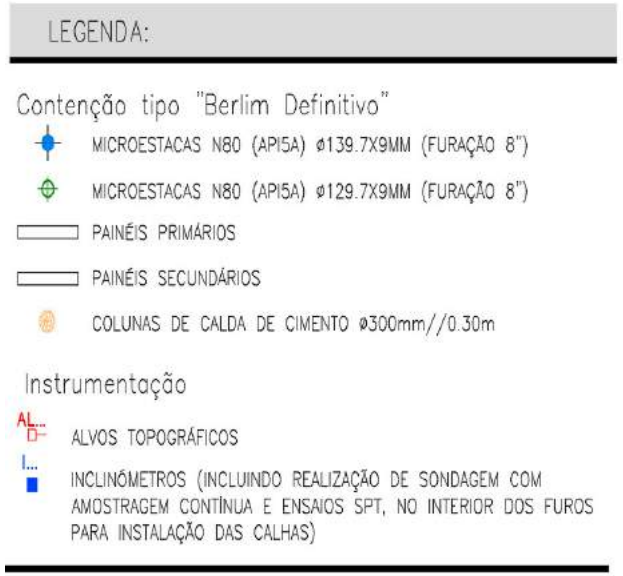
- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA**
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Solução de Escavação e Contenção Periférica

- Colunas de calda de cimento Φ300mm//0,30m
- Berlim Definitivo (e=0,30m)
  - Apoios verticais: Tubos de microestacas N80 (API5A) Ø139.7X9mm e Ø127.0X9mm
  - Travamentos Horizontais:
    - 1ª abordagem da solução – Banda de laje (e=21cm) com largura variável entre 2,5m e 3,5m

Planta de dimensionamento – 1ª abordagem da solução



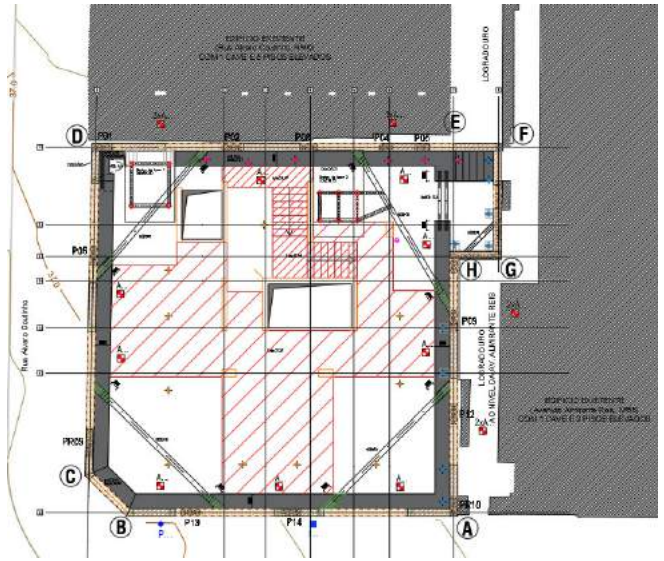


Solução de Escavação e Contenção Periférica

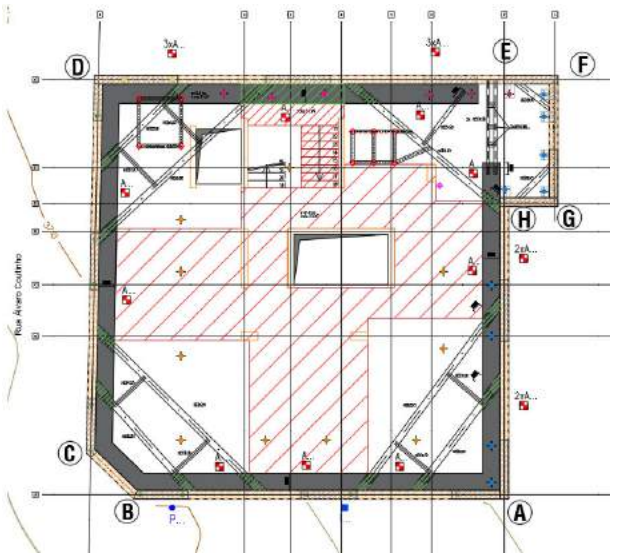
- Colunas de calda de cimento Φ300mm//0,30m
- Berlim Definitivo (e=0,30m)
  - Apoios verticais: Tubos de microestacas N80 (API5A) Ø139.7X9mm e Ø127.0X9mm
  - Travamentos Horizontais:
    - 1ª abordagem da solução – Banda de laje (e=21cm) com largura variável entre 2,5m e 3,5m
    - 2ª abordagem da solução – "Mini" Banda de laje (e=21cm) com largura constante de 0,90m + escoras HEB

Planta de dimensionamento – 2ª abordagem da solução

Piso 0



Piso -1



LEGENDA:

Contenção tipo "Berlim Definitivo"

MICROESTACAS N80 (API5A) ø139.7X9MM (FURAÇÃO 8")

- ECP – ALÇADO DE
- ECP – ALÇADOS FA
- APOIO DA BANDA DE LAJE

MICROESTACAS N80 (API5A) ø127.0X9MM (FURAÇÃO 8")

- ECP – ALÇADOS AD
- ECP – ALÇADO DE
- APOIO DA BANDA DE LAJE E FUNDAÇÕES
- CONTENÇÃO DE FACHADA E APOIO DE BANDA DE LAJE
- PAINÉIS PRIMÁRIOS
- PAINÉIS SECUNDÁRIOS
- COLUNAS DE CALDA DE CIMENTO ø300mm//0.30m
- LAJE A EXECUTAR ANTES DE RETIRAR AS ESCORAS DE APOIO DA BANDA DE LAJE
- LAJE A DEMOLIR PARA FASE DEFINITIVA

Instrumentação

- ALVOS TOPOGRÁFICOS
- INCLINÓMETROS (INCLUINDO REALIZAÇÃO DE SONDAGEM COM AMOSTRAGEM CONTÍNUA E ENSAIOS SPT, NO INTERIOR DOS FUROS PARA INSTALAÇÃO DAS CALHAS)
- PIEZÓMETRO

Solução de Escavação e Contenção Periférica

Vantagens da solução através de Bandas de Laje:

- Elementos de travamento horizontal da fase provisória são igualmente necessários para a própria estrutura do edifício na fase definitiva
- Solução mais económica e rápida de executar face às condicionantes descritas no capítulo 2
- Solução sem qualquer tipo de ocupação dos arruamentos ou lotes vizinhos

Comparação: 2ª abordagem ("Míni" Banda de laje) vs 1ª abordagem (banda de laje "tradicional")

- Vantagens :
  - Número de microestacas mais reduzido ou com comprimentos menores
  - Aumento significativo do espaço no interior do recinto de escavação
    - Maior mobilidade em obra
    - Maior facilidade na execução dos trabalhos
    - Maior rapidez de execução
- Desvantagens :
  - Utilização de perfis metálicos que, nem sempre, são incorporados na estrutura na fase definitiva
  - Necessidade de trabalhos de demolição nas sobre espessuras da laje
  - Necessidade de faseamento específico para betonagem das lajes dos pisos enterrados compatível com a remoção das escoras metálicas

Execução das colunas de calda de cimento

Solução de Escavação e Contenção Periférica

Fotografias ilustrativas da obra:

Fotografia de execução de viga de coroamento

Fotografia onde podem ser observadas as sobre espessuras a demolir

Solução de Escavação e Contenção Periférica

Fotografias ilustrativas da obra:

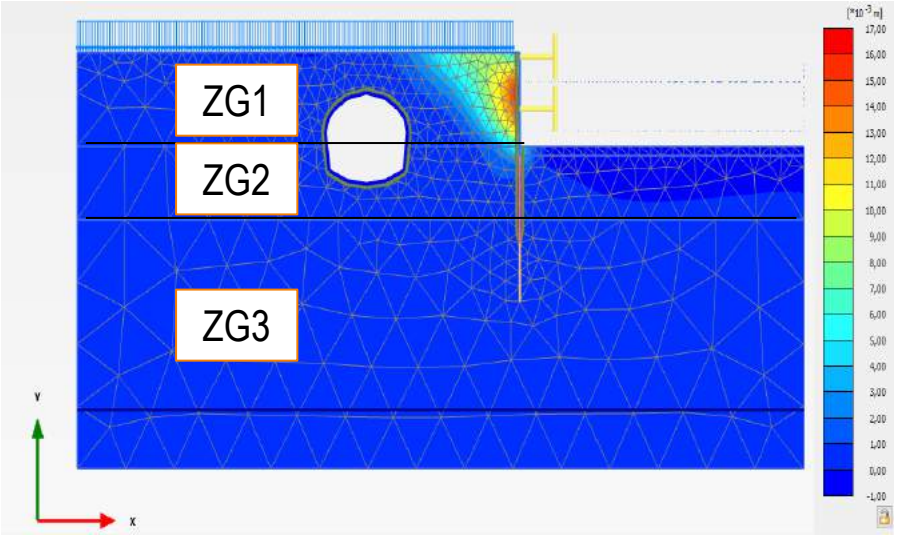
Fotografia no fim dos trabalhos de escavação

Fotografia do alçado que confronta com Av. Almirante Reis

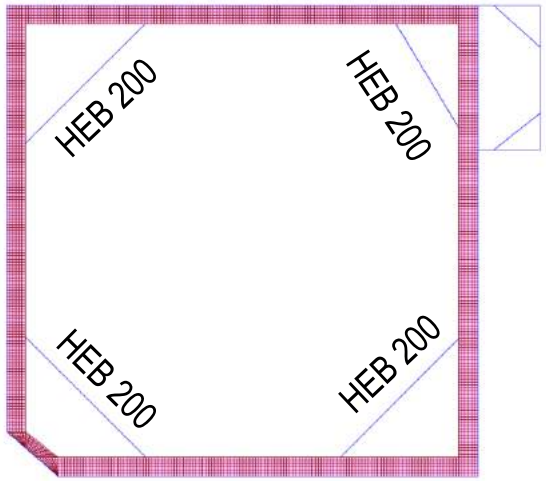
Índice

- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- **ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Análise Numérica e Dimensionamento



- Modelos bidimensionais
- Software Plaxis 2D
- Estimativa de esforços e deformações
- Modelação do faseamento construtivo



- Software SAP2000
- Dimensionamento dos escoramentos metálicos
- Dimensionamento da “mini” banda de laje

Interação: Plaxis 2D – SAP 2000

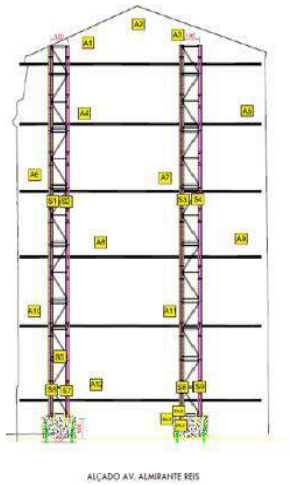
- Rigidez do sistema de travamento determinada no modelo SAP2000
- Utilização da rigidez determinada nos apoios do modelo Plaxis 2D
- Utilização dos esforços determinados no Plaxis 2D como input no modelo SAP2000

Índice

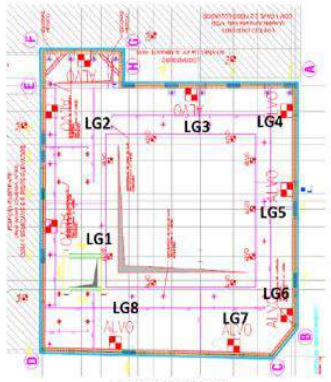
- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação

Localização de alvos topográficos

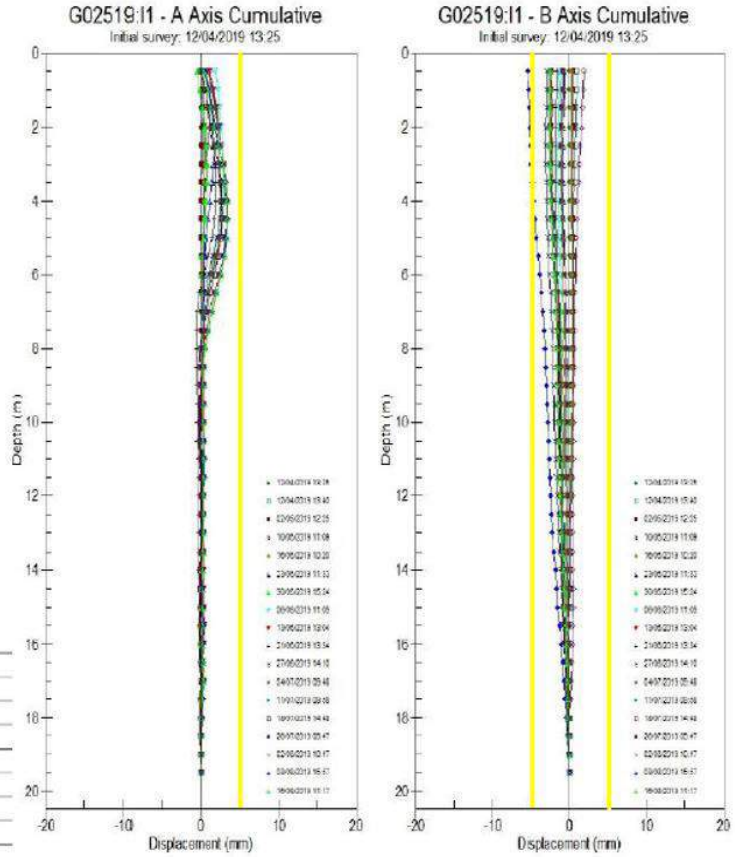


ALÇADO AV. ALMIRANTE REIS

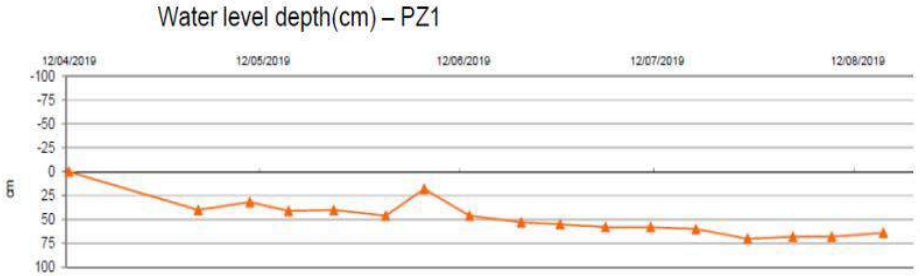


ALVOS NA LAGE DA CONTENÇÃO

Leituras Inclinómetro – I1



Leituras Piezómetro - Pz1

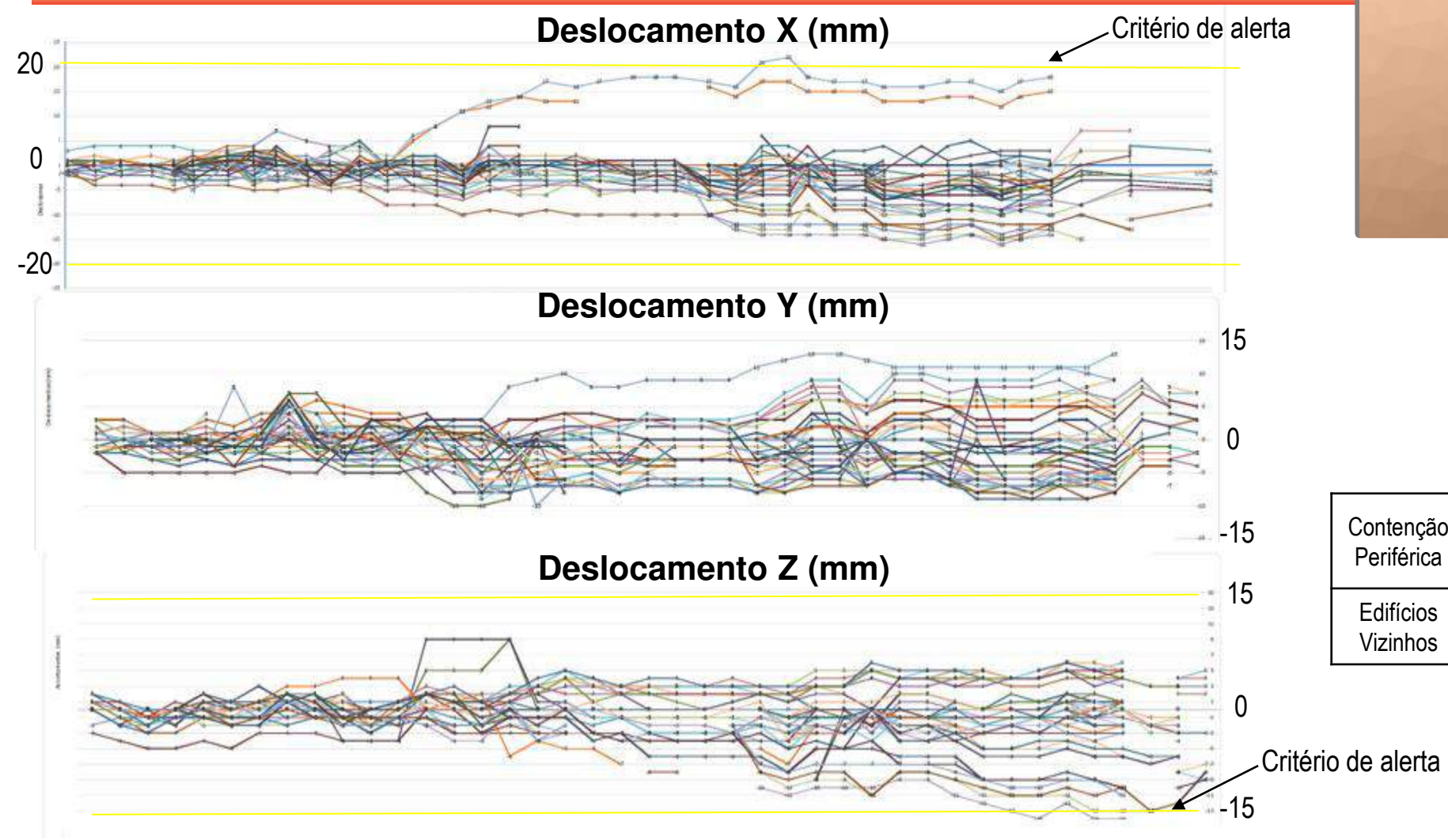


NOTA: variação negativa = subida do nível de água; variação positiva = descida do nível de água

Instrumentação no local da obra:

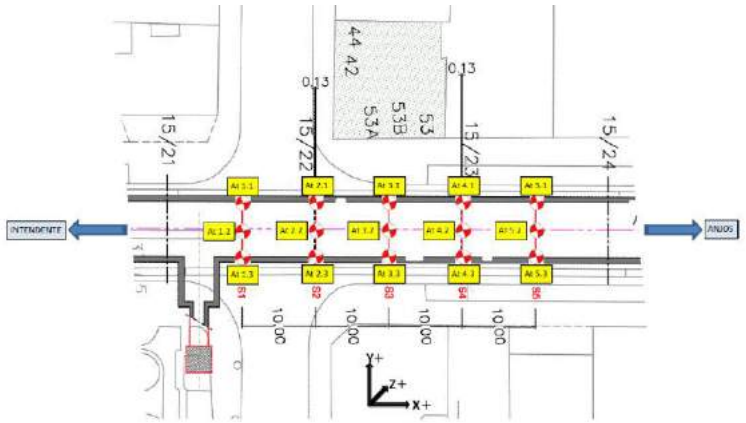
- 18 alvos topográficos na contenção periférica;
- 17 alvos topográficos nas empenas dos edifícios vizinhos
- 9 alvos topográficos nas torres de contenção de fachada
- 1 inclinómetro e 1 piezómetro no alçado que confronta com a Av. Almirante Reis e ML

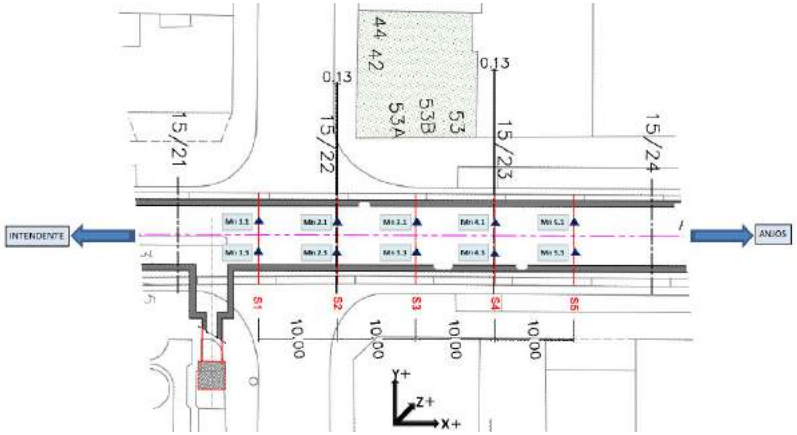
Plano de Instrumentação e Observação

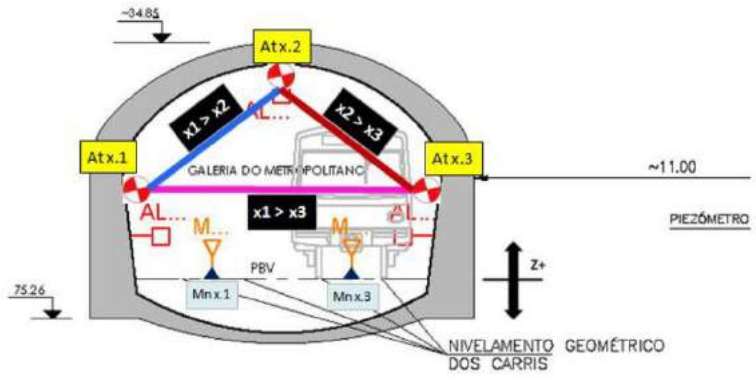


	Critério de alerta		Critério de alarme	
	Desl. Horizontal	Desl. Vertical	Desl. Horizontal	Desl. Vertical
Contenção Periférica	20mm	15mm	30mm	25mm
Edifícios Vizinhos	20mm	15mm	30mm	25mm

Plano de Instrumentação e Observação





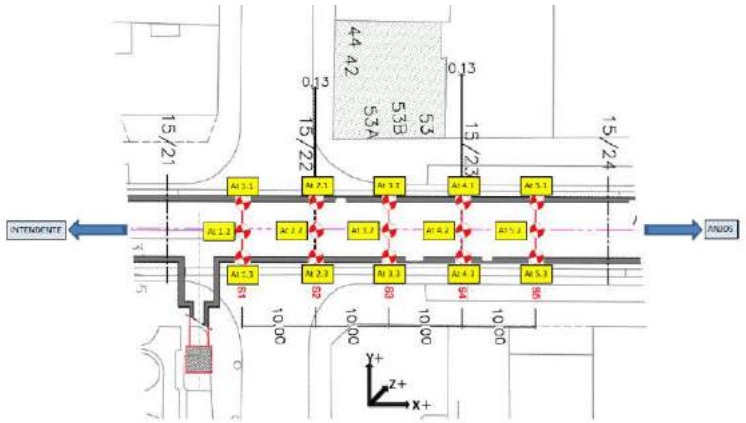


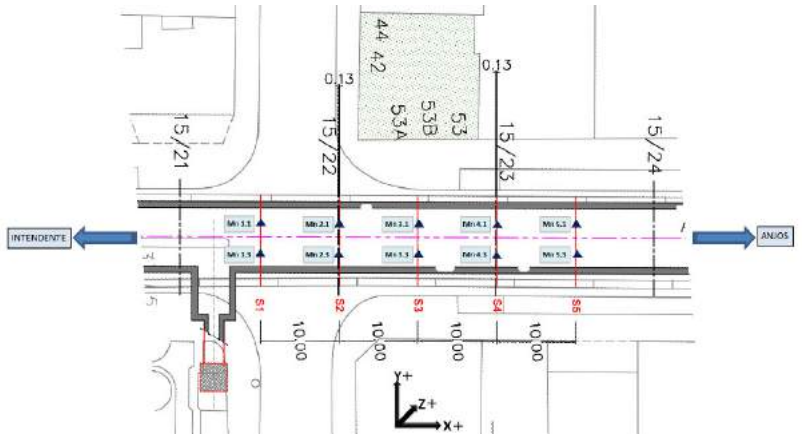
Instrumentação no túnel do ML:

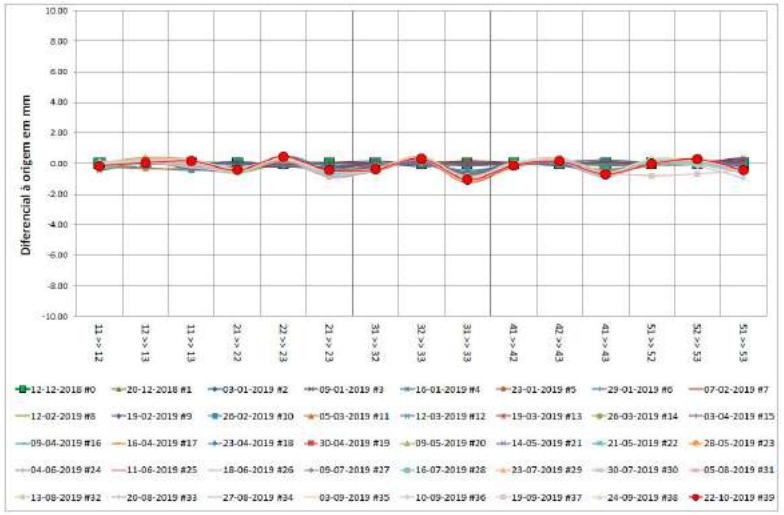
- 15 alvos topográficos afixados no interior do túnel
- 10 marcas topográficas entre carris

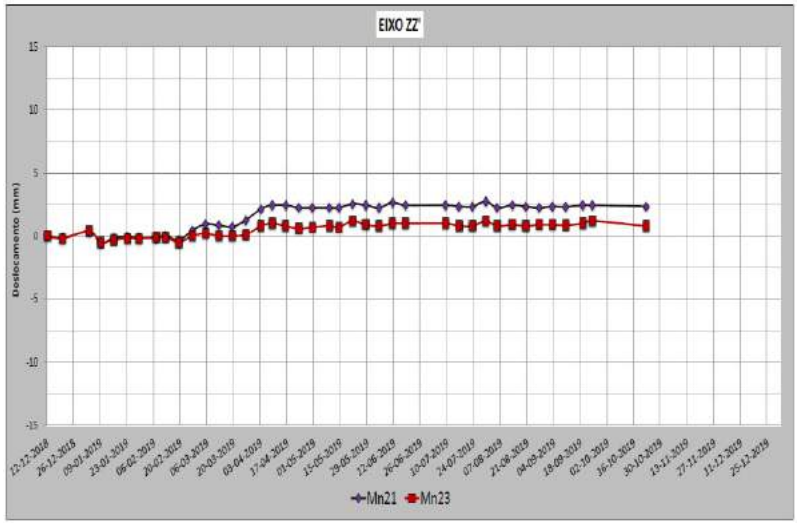
	Critério de alerta		Critério de alarme	
	Desl. Horizontal	Desl. Vertical	Desl. Horizontal	Desl. Vertical
Túnel do ML	7mm	7mm	10mm	10mm
Carris do ML	3mm (corda 4m)	3 mm (corda 6m)	5mm (corda 4m)	5mm (corda 6m)

Plano de Instrumentação e Observação









Instrumentação no túnel do ML:

- 15 alvos topográficos afixados no interior do túnel
- 10 marcas topográficas entre carris

	Critério de alerta		Critério de alarme	
	Desl. Horizontal	Desl. Vertical	Desl. Horizontal	Desl. Vertical
Túnel do ML	7mm	7mm	10mm	10mm
Carris do ML	3mm (corda 4m)	3 mm (corda 6m)	5mm (corda 4m)	5mm (corda 6m)

Índice

- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerações Finais

- Importância da informação obtida através do estudo geológico e geotécnico
- Importância do tratamento dos terrenos com recurso a colunas de calda de cimento
- A solução concebida permitiu ultrapassar as condicionantes do túnel do ML e de exiguidade de espaço em obra
- Plano de Instrumentação e Observação permitiu confirmar, em tempo útil, todo os pressupostos assumidos em fase de Projeto, bem como o bom desempenho da solução proposta

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES INDIRETAS E LAJES TÉRREAS EM PLATAFORMA LOGISTICA, EM ALENQUER

JUSTINIANO, Ricardo
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES INDIRETAS E LAJES TÉRREAS EM PLATAFORMA LOGISTICA, EM ALENQUER

Justiniano, Ricardo, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, rjustiniano@jetsj.com
Tomasio, Rui, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, rtomasio@jetsj.com
Guerra, Claudio, AOC (1), Leiria, Portugal

(1) À data, colaborador da AOC.

Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELOS DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1.INTRODUÇÃO

- Fundações Indiretas em terrenos pouco competentes até aos 19m;
- Localizada em zona sísmica moderada;
- Sobrecarga com valor entre os 20 kN/m2 a 50 kN/m2;
- Critérios de deformação de acordo com a TR34;

- Qual a melhor solução de Fundação e como compatibilizar com piso térreo de cargas elevadas?

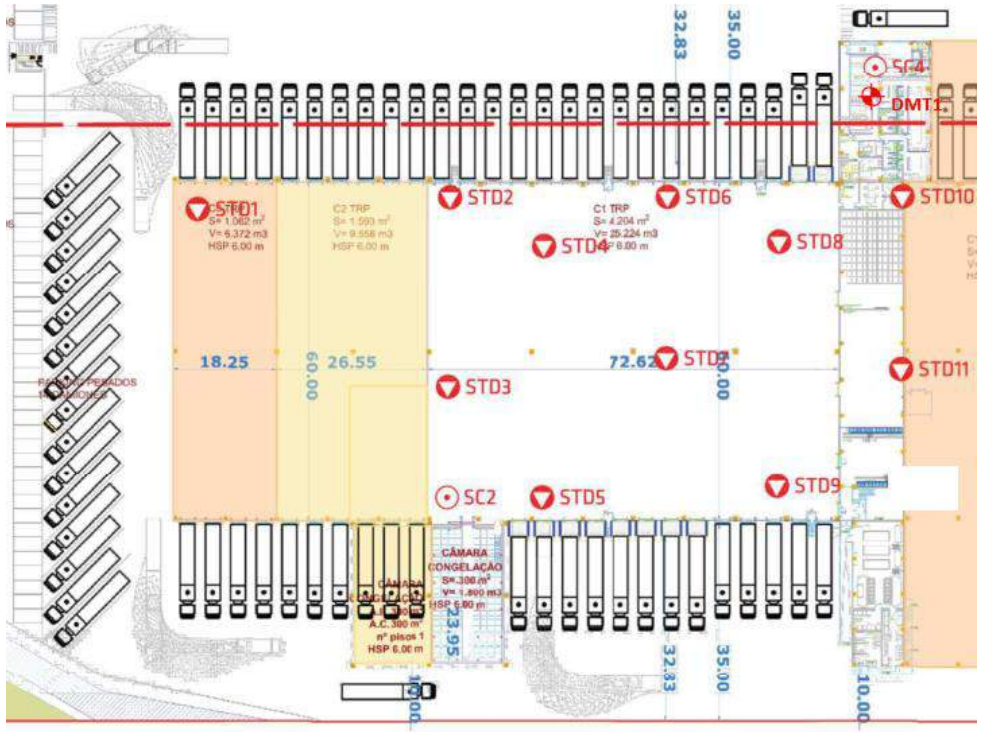
Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

2.CAMPANHA DE PROSPEÇÃO

- No âmbito da prospeção foram realizados um conjunto de ensaios:

a. 14 ensaios CPT, com comprimentos de 20 a 22m;
b. 2 sondagens com ensaios SPT, com 24m;
c. 1 ensaio DMT, com comprimento de 7m;



Profundidade (m)	Estrato	Peso volúmico (kN/m³)	Coeficiente de Poisson	q_c (MPa)	M_{DMT} (MPa)
4	Aterros	18	0,3	1	20
19,5	Argilas a areias argilosas	18	0,3	1,5	10
21	Areias	18	0,3	6	-
>21	Grés	20	0,3	15	-

Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

3.CONDICIONAMENTOS

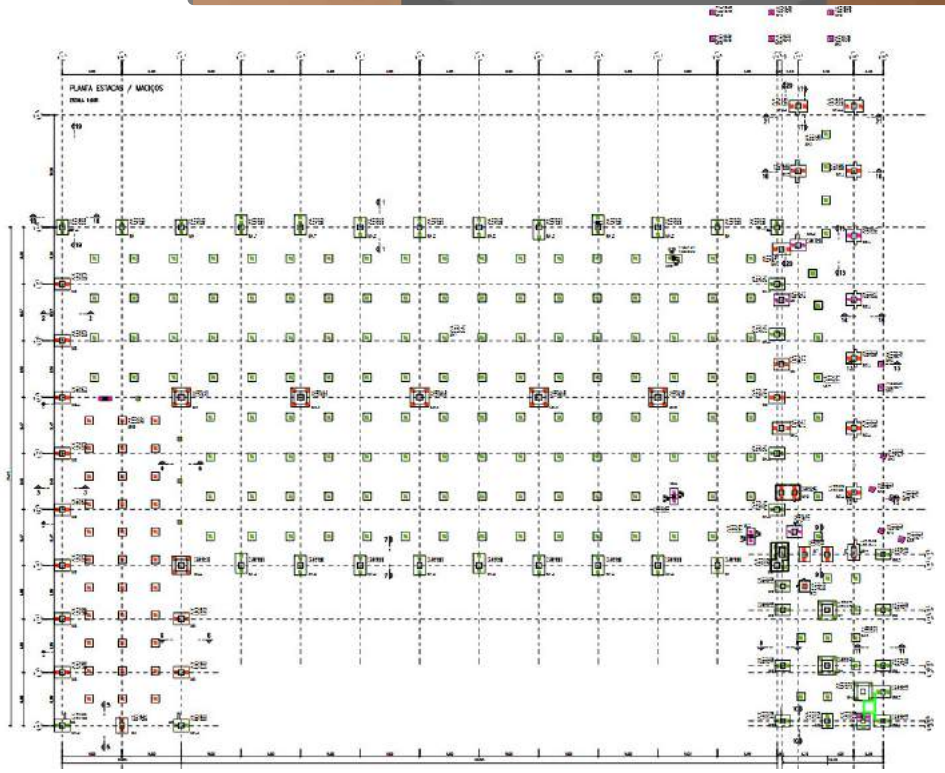
- Tempo de Execução Reduzido;
- Zona com relevância Sísmica;
- Plano de Cargas elevado, com zonas de 50 kN/m2;
- Cota da Laje do Piso Térreo encontra-se 1m acima da cota do terreno existente;

Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

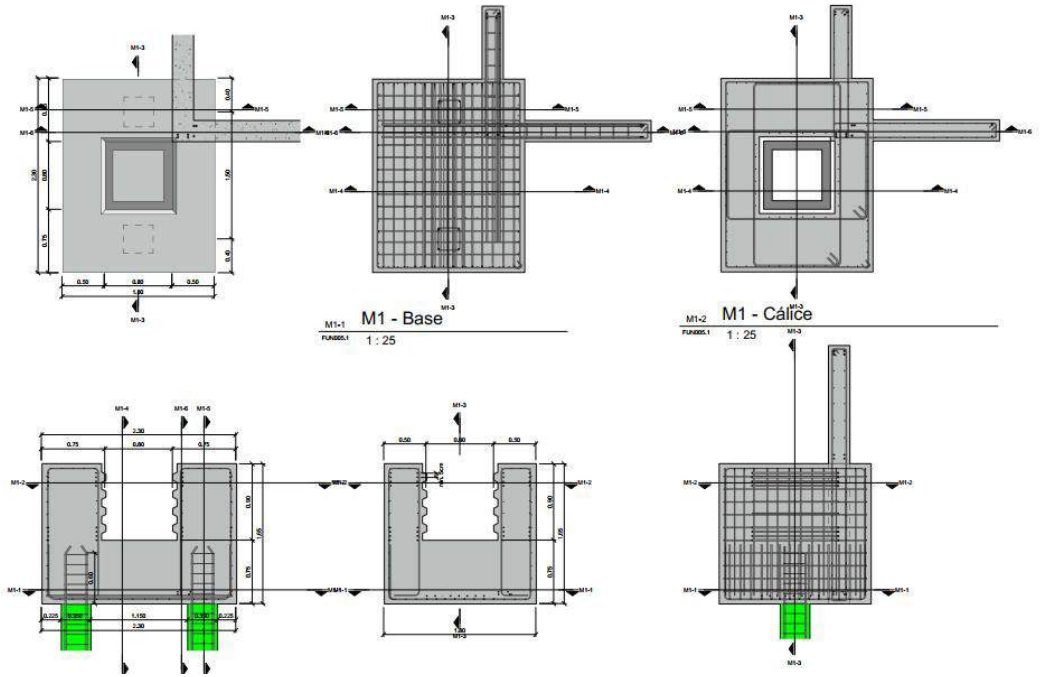
4.SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES

- Solução em Estacas Pré-Fabricadas Cravadas, com 24m de comprimento.
- Consideração de 3 tipos de seções de Estaca;
- Malhas ajustadas ao nível de Carga;
- Ligação Estacas – Pilares Pré-Fabricados, por meio de Maciços de Encabeçamento;
- Ligação Estaca – Laje, por meio de capiteis;



4.SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES

- Solução em Estacas Pré-Fabricadas Cravadas, com 24m de comprimento.
- Consideração de 3 tipos de seções de Estaca;
- Malhas ajustadas ao nível de Carga;
- Ligação Estacas – Pilares Pré-Fabricados, por meio de Maciços de Encabeçamento;
- Ligação Estaca – Laje, por meio de capiteis;

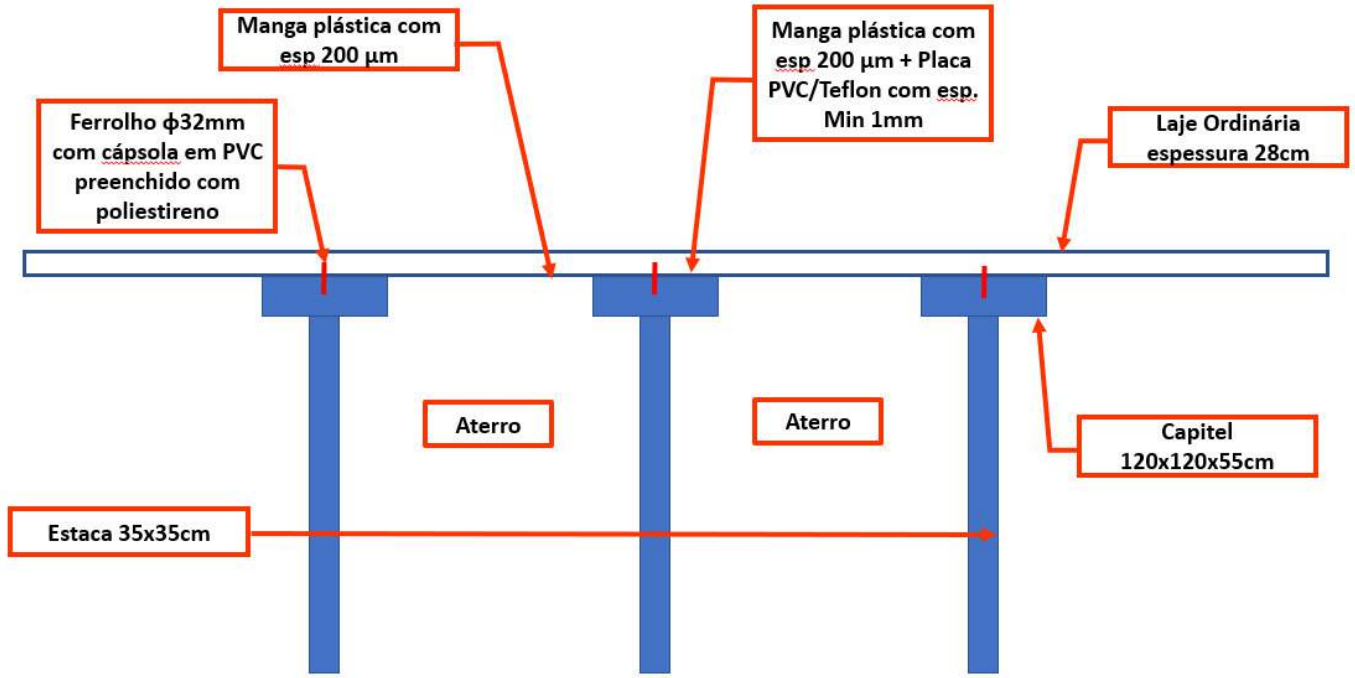


Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

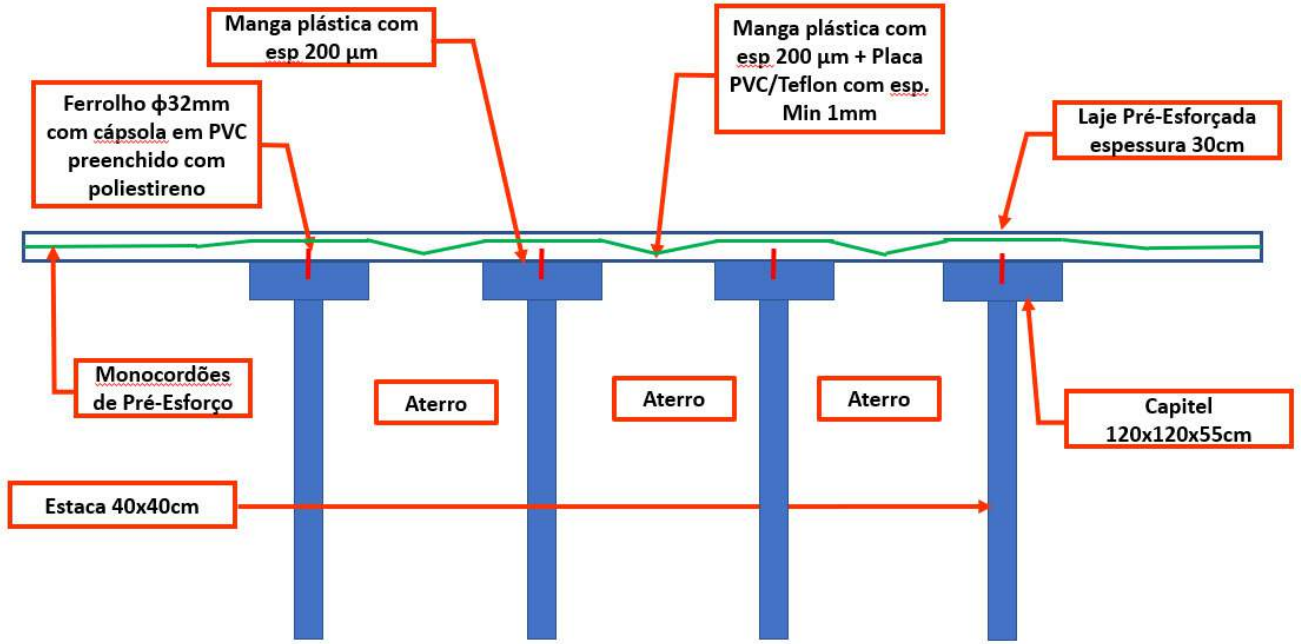
5.SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS

- Solução de Laje em soluções de Betão Armado e Betão Armado Pré-Esforçado.
- Mangas Plásticas;
- Placa PVC/Teflon;
- Horizontalmente desligada dos Capiteis, exceto para ação sísmica;



5.SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS

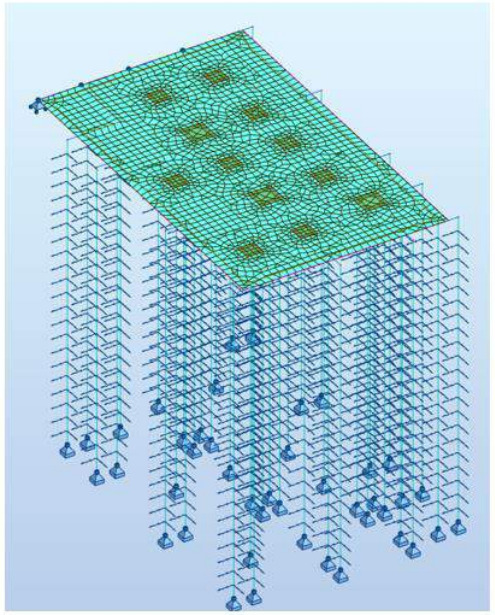
- Solução de Laje em soluções de Betão Armado e Betão Armado Pré-Esforçado.
- Mangas Plásticas;
- Placa PVC/Teflon;
- Horizontalmente desligada dos Capiteis, exceto para ação sísmica;

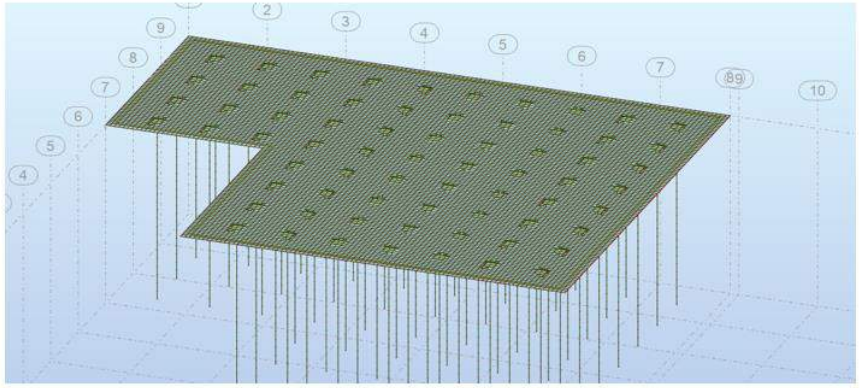


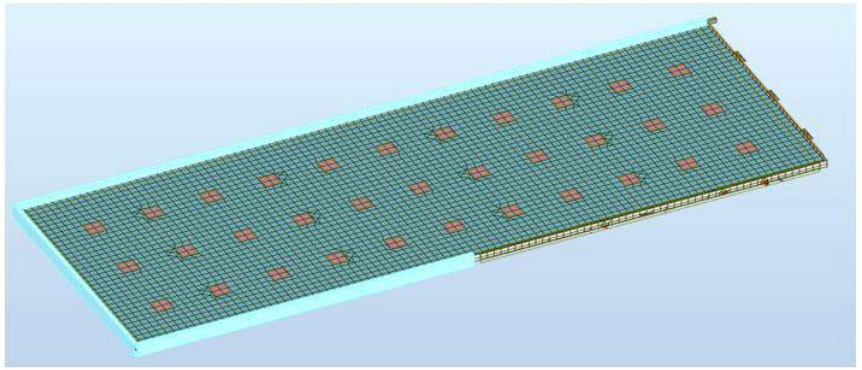
Índice

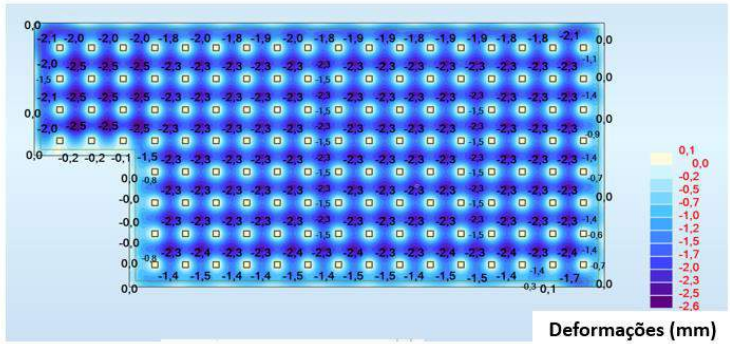
1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

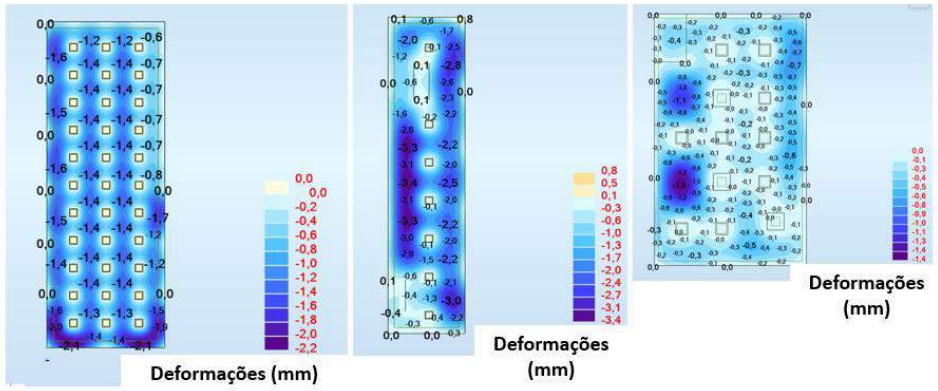
6.MODELO DE CALCULO











Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

7. EXECUÇÃO

- Execução de Estacas

7. EXECUÇÃO

- Execução de Ensaios Dinâmicos

7. EXECUÇÃO

- Execução de Maciços de Encabeçamento

7. EXECUÇÃO

- Execução de Laje Térrea

Índice

1. INTRODUÇÃO
2. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO
3. CONDICIONAMENTOS
4. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES
5. SOLUÇÕES DE LAJES TÉRREAS
6. MODELO DE CALCULO
7. EXECUÇÃO
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Obra de grande implantação em terrenos poucos competentes, com necessidade de execução de fundações indiretas e ou melhoramentos de solo;
- Solução de Estacas Cravadas em Betão Armado, compatível com estruturas de elevada carga, e com grande rendimento de execução;

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

SOLUÇÕES DE REFORÇO ESTRUTURAL E FUNDAÇÕES NUMA CAVERNA NA TRAVESSA DA CRUZ DA ROCHA Nº3, EM LISBOA

JUSTINIANO, Ricardo
JETsj Geotecnia Lda.

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

SOLUÇÕES DE REFORÇO ESTRUTURAL E FUNDAÇÕES NUMA CAVERNA NA TRAVESSA DA CRUZ DA ROCHA Nº3, EM LISBOA

Justiniano, Ricardo, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, rjustiniano@jetsj.com
Pinto, Alexandre, JETsj Geotecnia Lda., Lisboa, Portugal, apinto@jetsj.com
Dias, Nuno, Geosol, Lisboa, Portugal, ndias@geosol-fg.com
Pinto, Ana, Casais, Lisboa, Portugal, ana.pinto@casais.pt

Índice

1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DO EXISTENTE
3. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E DE INSTRUMENTAÇÃO
4. SOLUÇÕES
5. EXECUÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

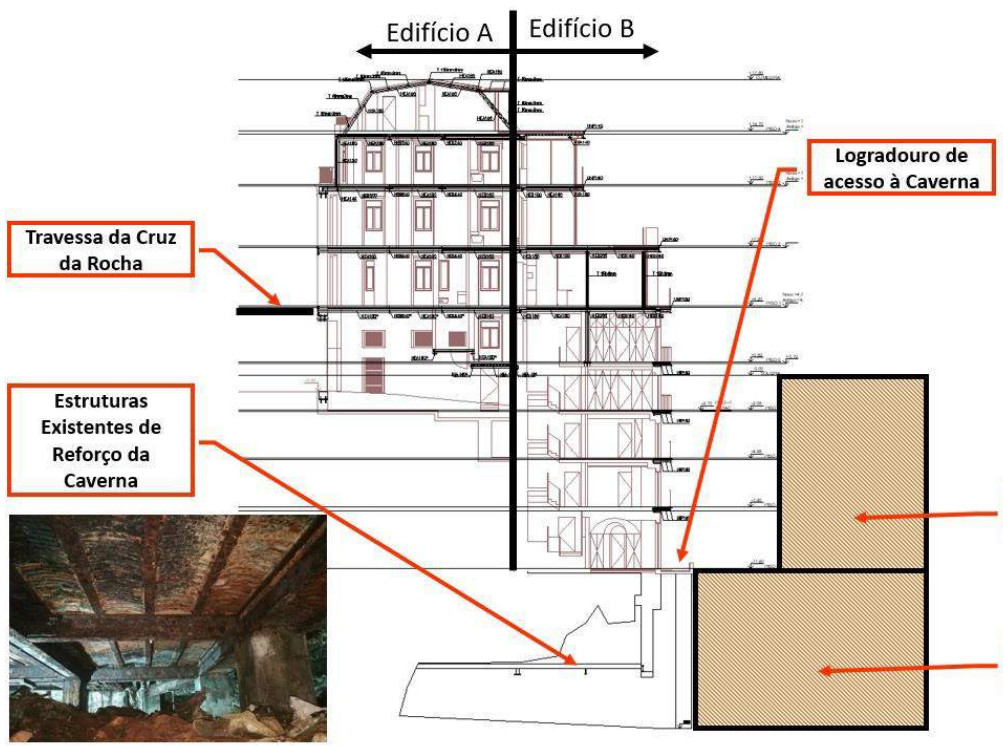
Índice

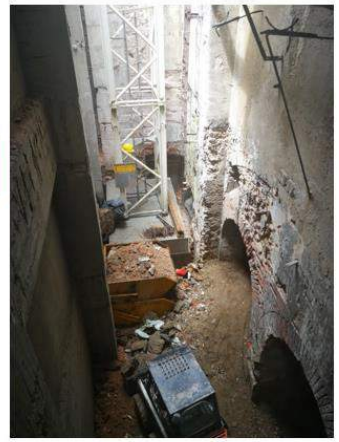
1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DO EXISTENTE
3. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E DE INSTRUMENTAÇÃO
4. SOLUÇÕES
5. EXECUÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1.INTRODUÇÃO

- Reforço estrutural de uma caverna constituída por calcários apinhoados;
- Localizada em meio densamente urbano;
- Acessos muito condicionados;
- Nível freático a 2m abaixo da soleira da caverna;
- Abóbada da caverna em carga (2 edifícios centenários sobre a caverna).

- No âmbito da reabilitação dos edifícios, como reforçar a caverna?





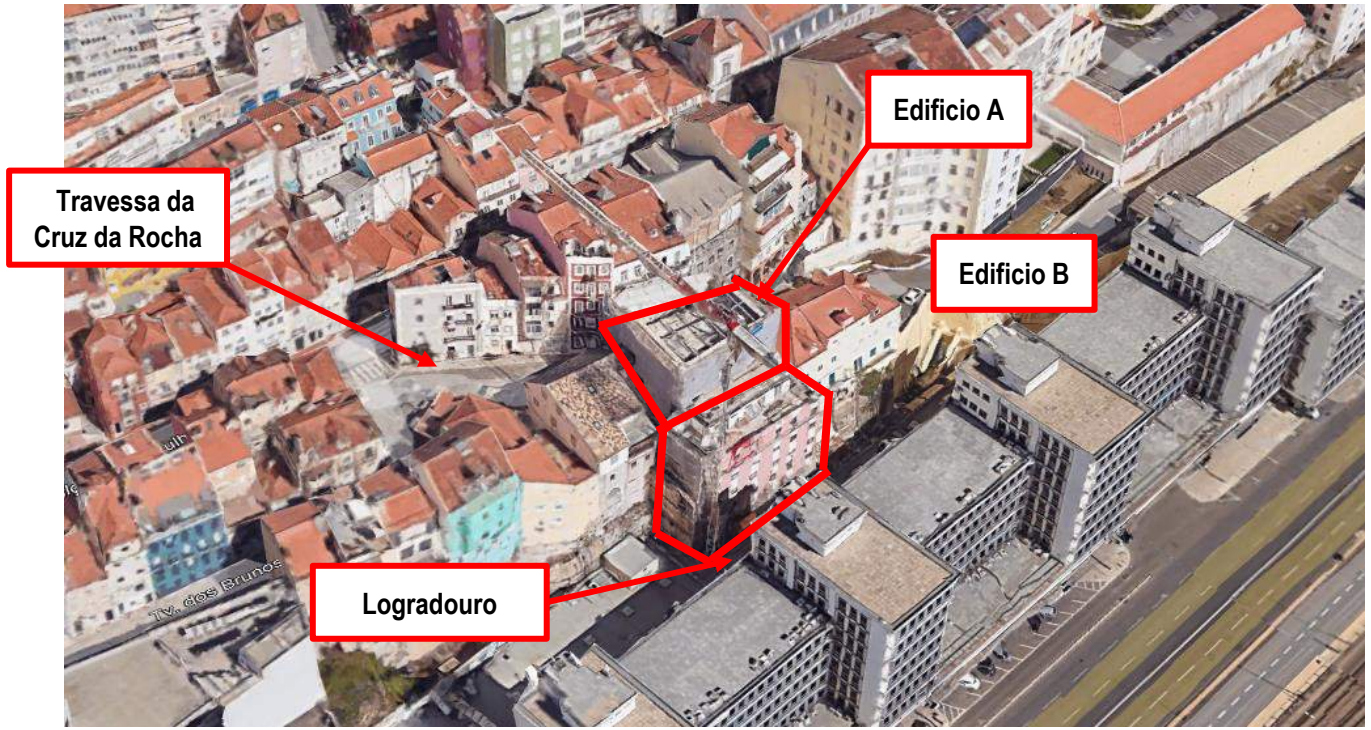
Índice

1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DO EXISTENTE
3. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E DE INSTRUMENTAÇÃO
4. SOLUÇÕES
5. EXECUÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

2.AVALIAÇÃO DO EXISTENTE

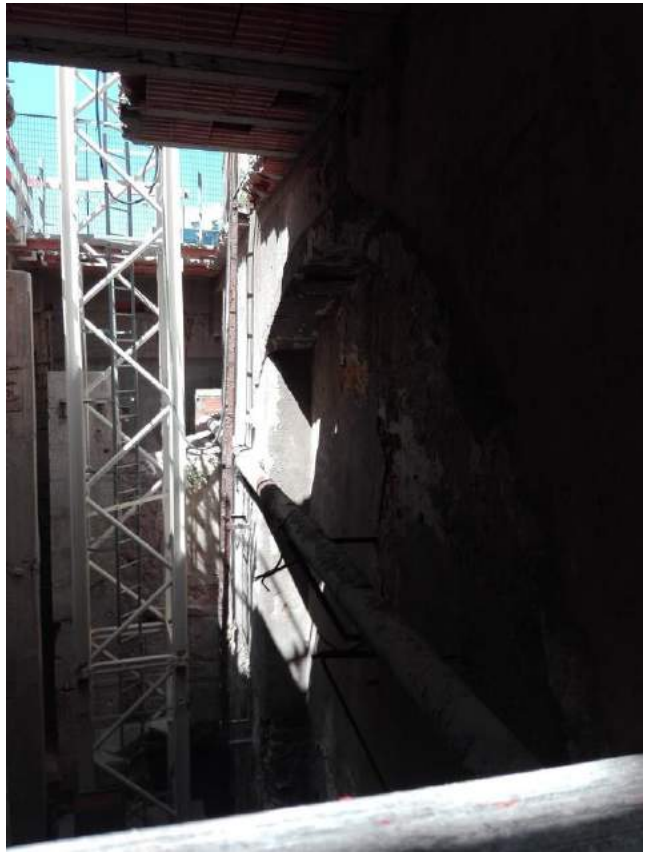
- Envolvente: como aceder à caverna?

1) Entrada pela Travessa da Cruz da Rocha;
2) Atravessamento do Edifício A, seguido de descida de 2 pisos;
3) Atravessamento do Edifício B, seguido de descida de 4 pisos;
4) Entrada pelo logradouro;



2.AVALIAÇÃO DO EXISTENTE

- Envolvente: como aceder à caverna?

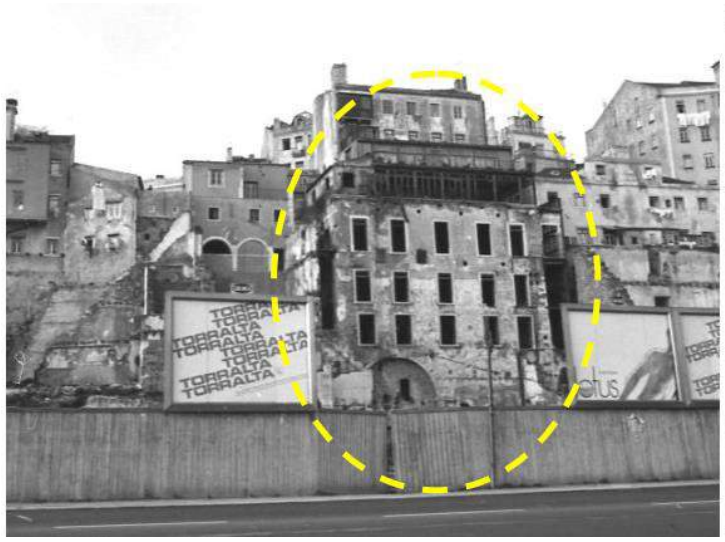


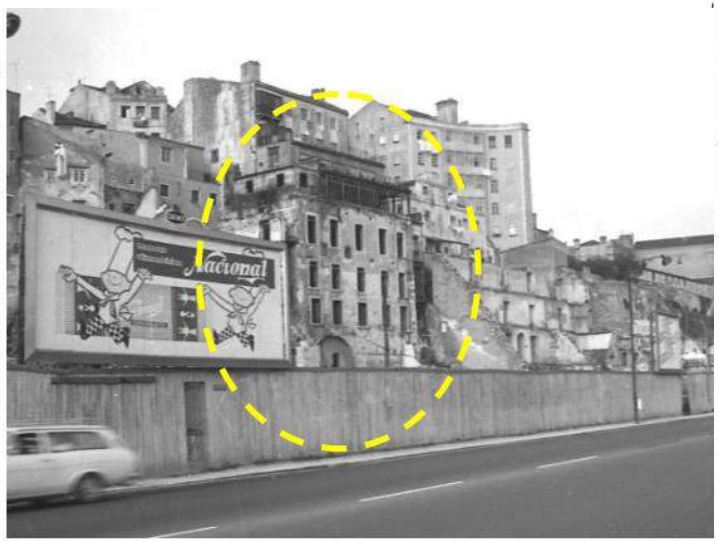
Logradouro

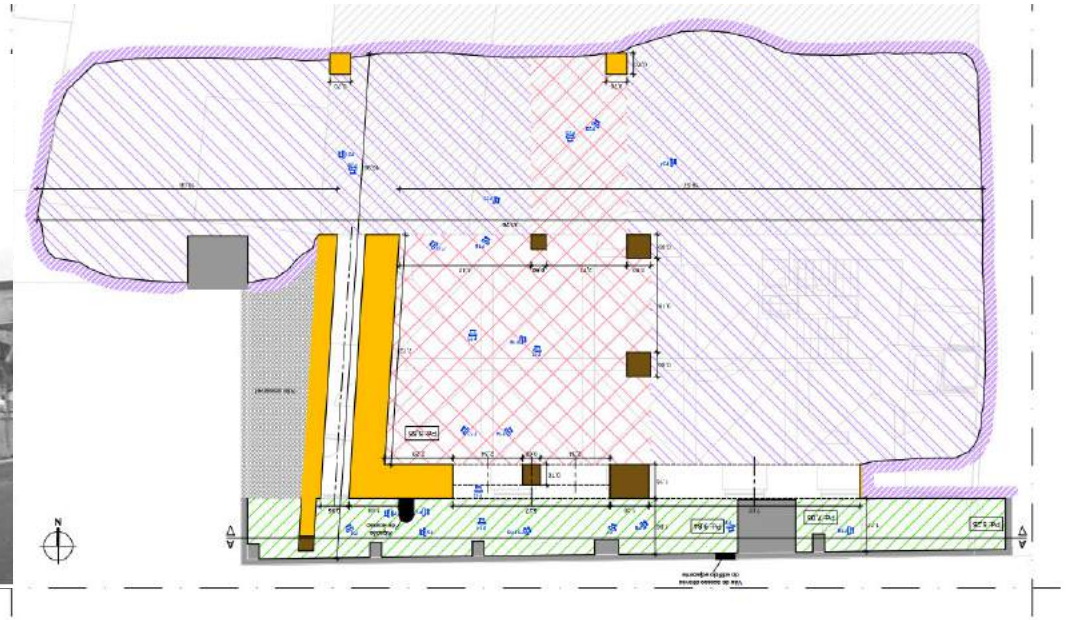
Arcos de Acesso Caverna

2.AVALIAÇÃO DO EXISTENTE

- Levantamento topográfico inicial da situação de referência (existente).



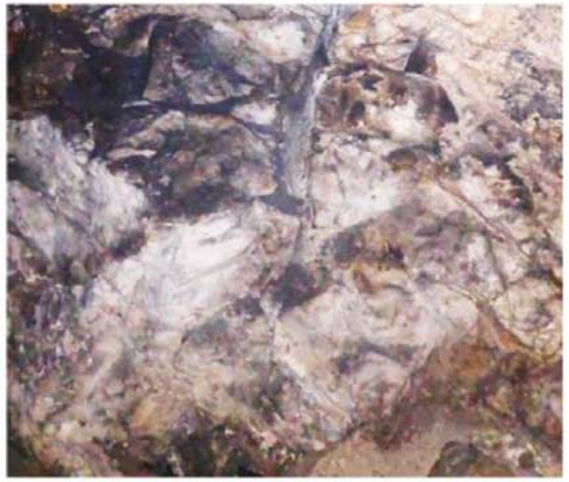




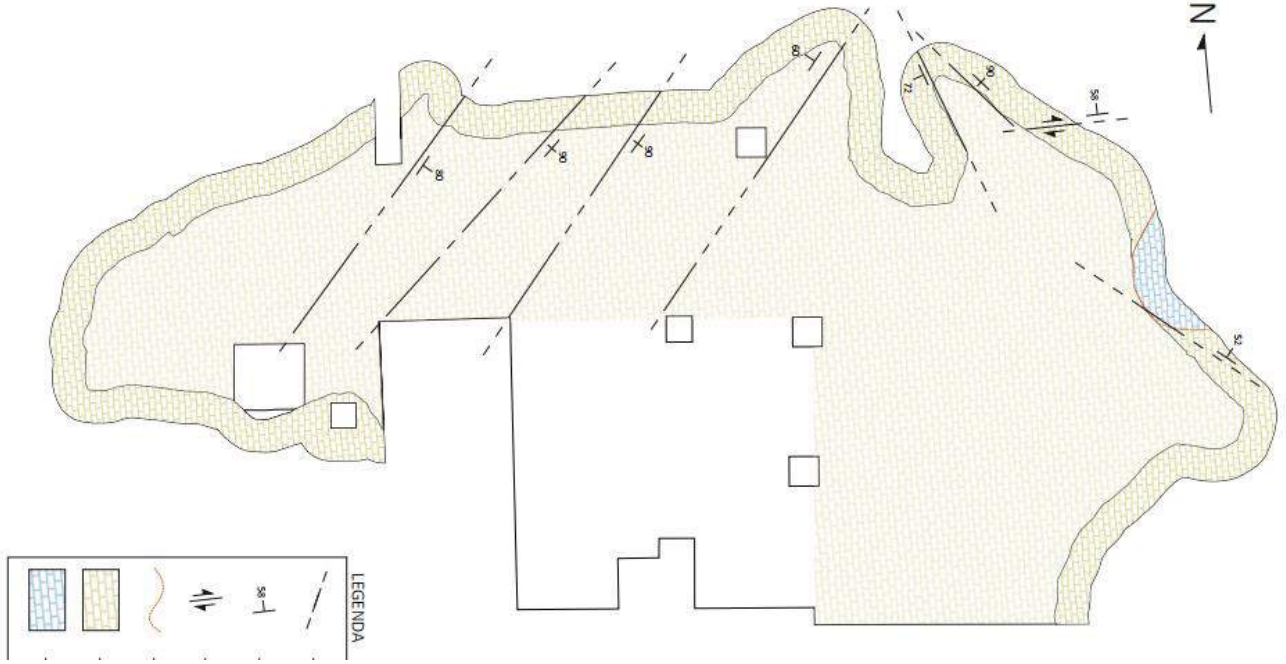
2.AVALIAÇÃO DO EXISTENTE

- Caracterização do visível, incluindo orientação e abertura das fraturas dos Calcários.

Calcários Apinhoados

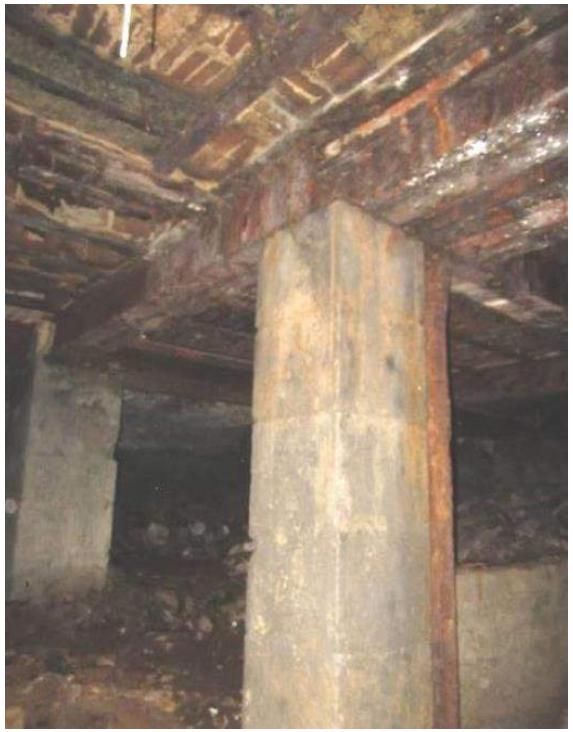


Calcários Cristalinos



2.AVALIAÇÃO DO EXISTENTE

- Avaliação da Estrutura Existente.



2.AVALIAÇÃO DO EXISTENTE

- Avaliação da Estrutura Existente.

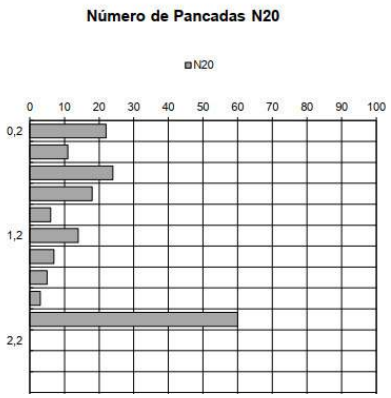
Índice

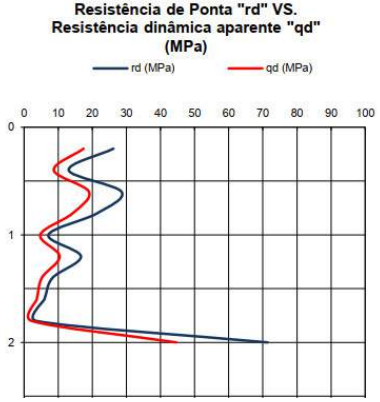
1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DO EXISTENTE
3. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E DE INSTRUMENTAÇÃO
4. SOLUÇÕES
5. EXECUÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

3.CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

- Execução de 2 ensaios DPSH para caracterização da resistência dos materiais de aterro na soleira da caverna e avaliação do posicionamento do maciço rochoso.

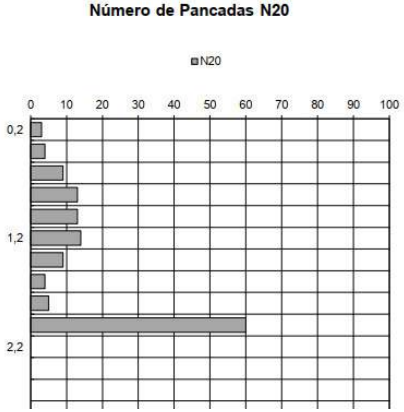
Profundidade (m)	Nº de Pancadas (N20)	Resistência de ponta "rd" (MPa)	Resistência Dinâmica aparente "qd" (MPa)
0,2	22	26,18	17,43
0,4	11	13,09	8,71
0,6	24	28,56	19,01
0,8	18	21,42	14,26
1	6	7,14	4,75
1,2	14	16,66	10,41
1,4	7	8,33	5,21
1,6	5	5,95	3,72
1,8	3	3,57	2,23
2	60	71,40	44,62
2,2			

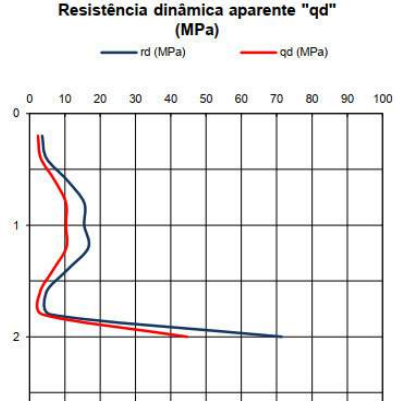




DPSH1

Profundidade (m)	Nº de Pancadas (N20)	Resistência de ponta "rd" (MPa)	Resistência Dinâmica aparente "qd" (MPa)
0,2	3	3,57	2,38
0,4	4	4,76	3,17
0,6	9	10,71	7,13
0,8	13	15,47	10,30
1	13	15,47	10,30
1,2	14	16,66	10,41
1,4	9	10,71	6,69
1,6	4	4,76	2,97
1,8	5	5,95	3,72
2	60	71,40	44,62
2,2			





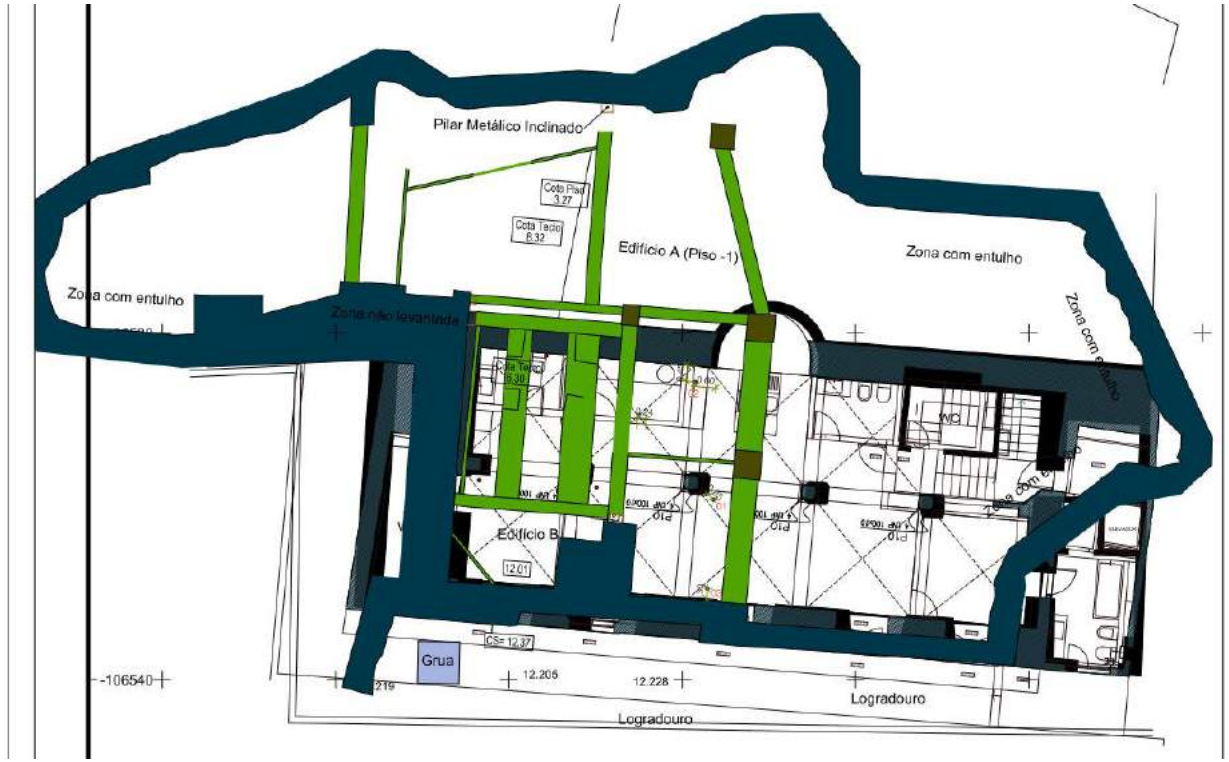
DPSH2

3.CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

- Execução de Poço na soleira da Caverna.

3.CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

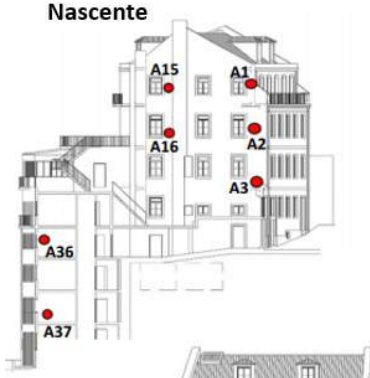
- Execução de 3 carotes na Abóbada da Caverna.



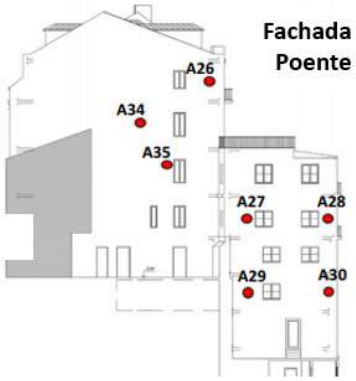
3.CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E INSTRUMENTAÇÃO

- Plano de Instrumentação e Observação.
  - 37 alvos nas fachadas dos edifícios;
  - 6 alvos nos pilares interiores do Edifício B;
  - 4 alvos ao nível do piso-2, do Edifício A;
  - 7 alvos na fachada que confronta para o logradouro;
  - 12 alvos na abóboda da caverna

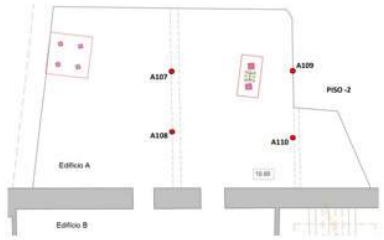
Fachada Nascente



Fachada Poente

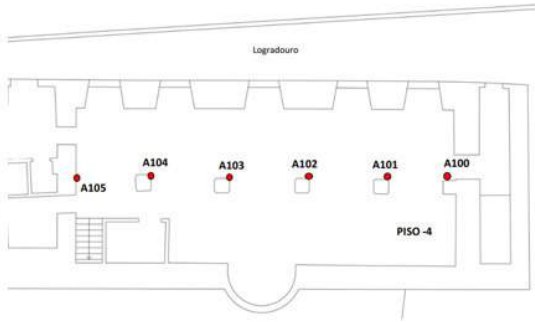


Planta Piso -2 Edifício A



Fachada de Tardoz

Planta Caverna



Planta Piso -4 Edifício B

Índice

1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DO EXISTENTE
3. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E DE INSTRUMENTAÇÃO
4. SOLUÇÕES
5. EXECUÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

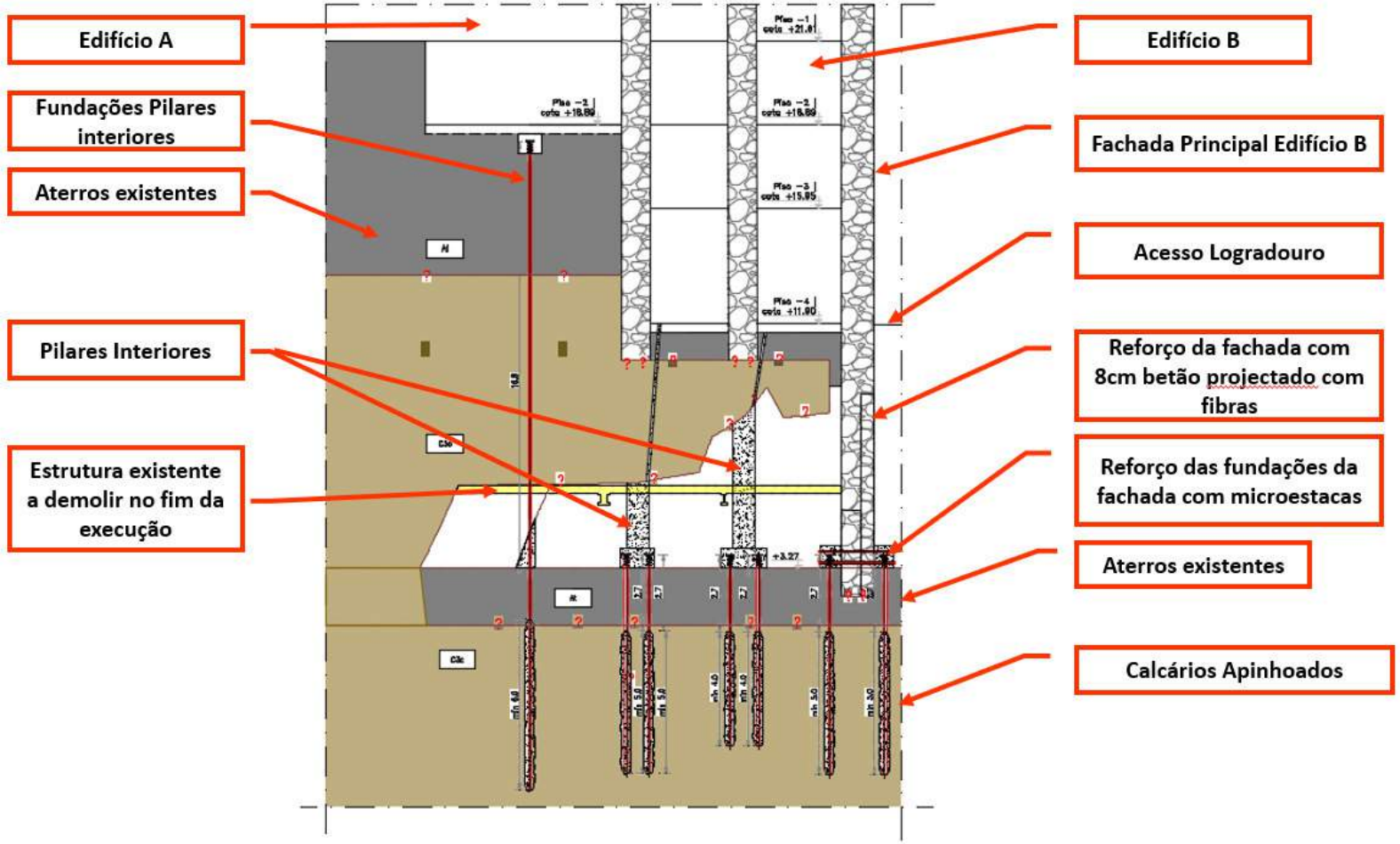
4.SOLUÇÕES

Solução mais simples: Betonar a Caverna

- Vantagens:
  - Menor Risco Humano;
  - Mais rápido de Executar;
- Desvantagens:
  - Necessidade de mangueiras de 80m;
  - Problemas de Drenagem;
  - Problemas de assentamento do Aterro;
  - Problema de remoção de Aterro;
  - Problema de garantias de contacto Betão-Abóbada;
  - Problema de incerteza de volume de betão;

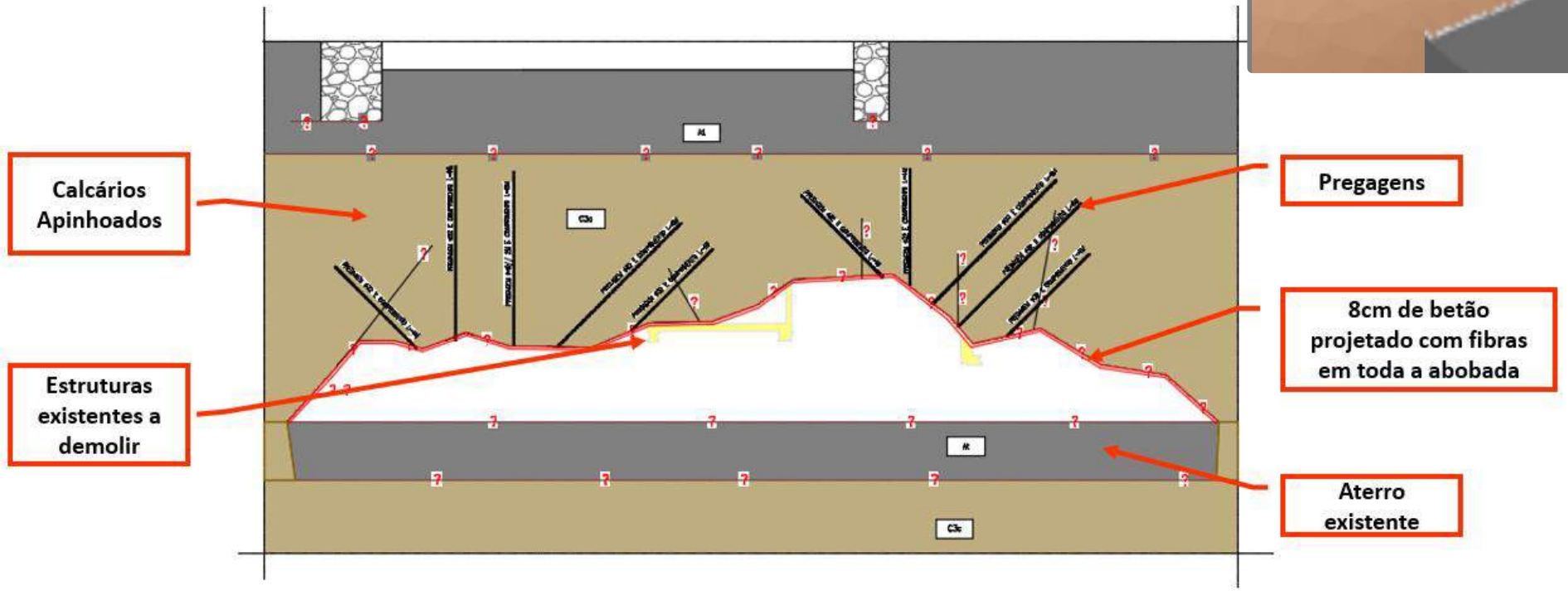
4.SOLUÇÕES

➢ Solução Executada:



4.SOLUÇÕES

- Solução Executada:

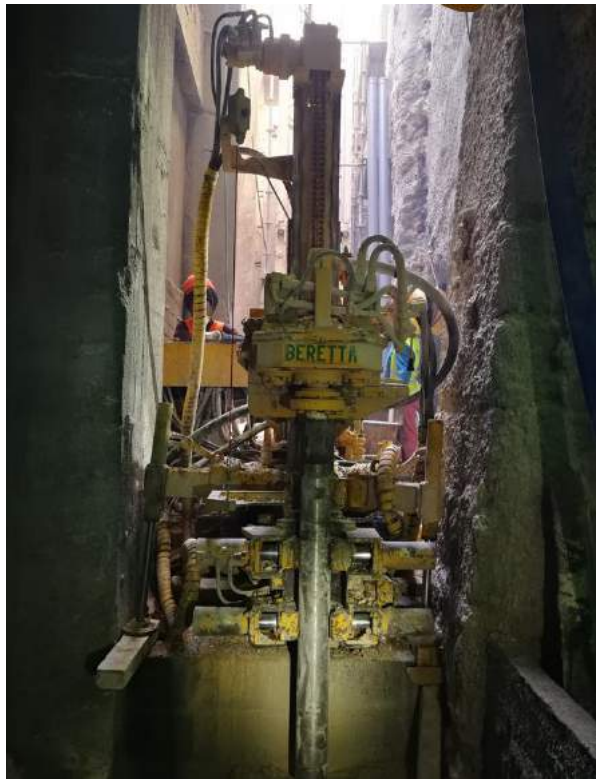


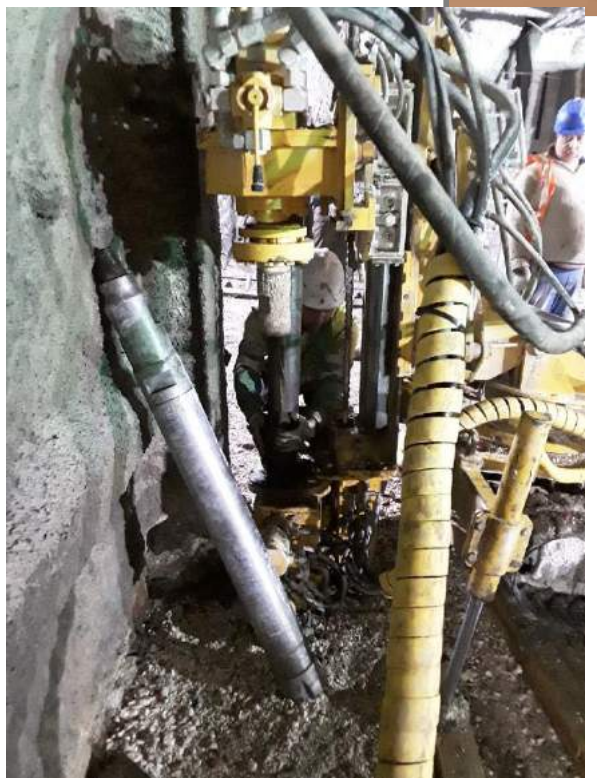
Índice

1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DO EXISTENTE
3. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E DE INSTRUMENTAÇÃO
4. SOLUÇÕES
5. EXECUÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5. EXECUÇÃO

- Execução das microestacas:





5. EXECUÇÃO

- Execução do betão projetado com Fibras:

5. EXECUÇÃO

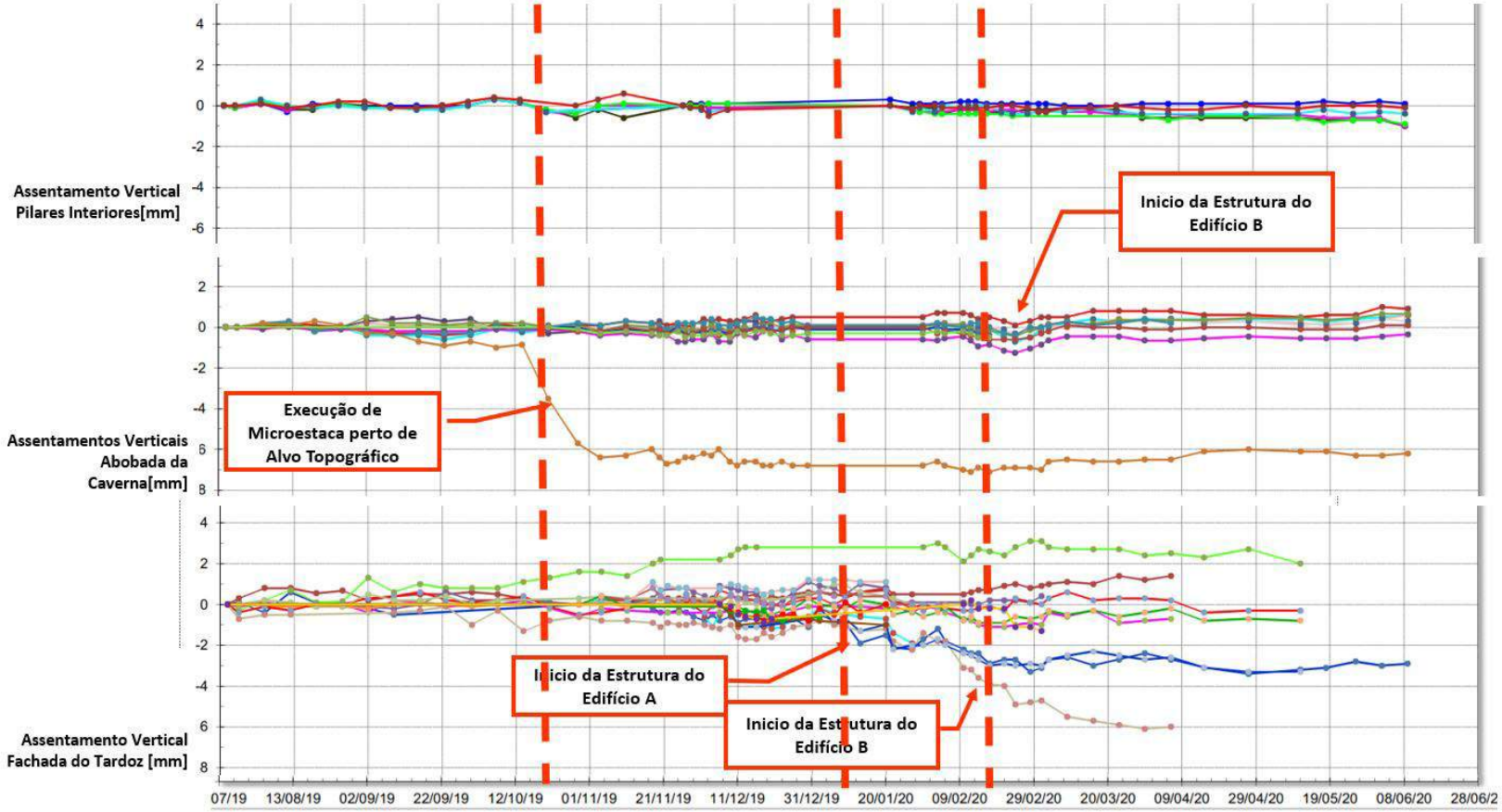
- Execução do betão projetado com Fibras:

5. EXECUÇÃO

- Execução dos Pilares Interiores:

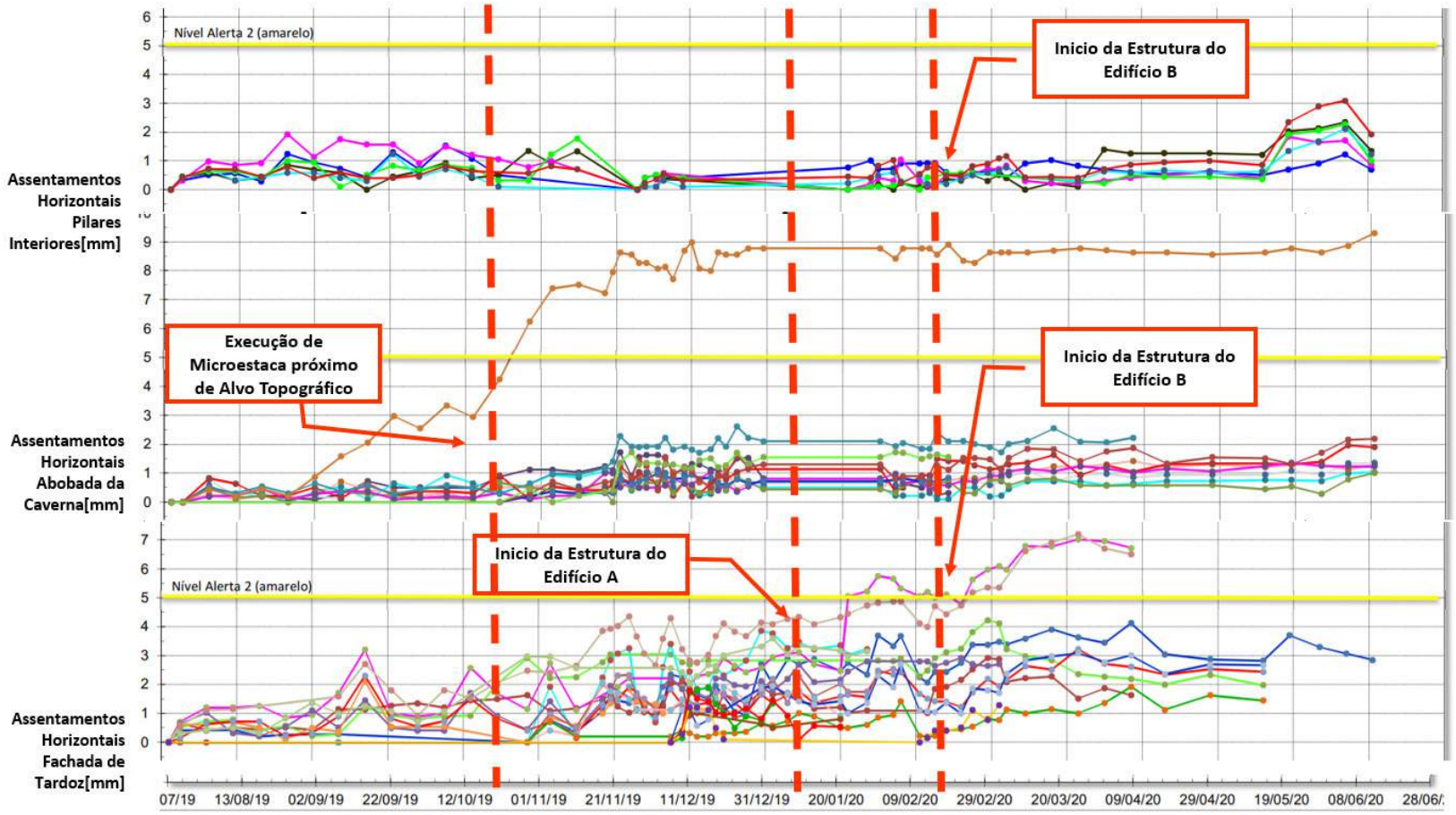
5. EXECUÇÃO

- Instrumentação:



5. EXECUÇÃO

- Instrumentação:



Índice

1. INTRODUÇÃO
2. AVALIAÇÃO DO EXISTENTE
3. CAMPANHA DE PROSPEÇÃO E DE INSTRUMENTAÇÃO
4. SOLUÇÕES
5. EXECUÇÃO
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Obra muito condicionada pelas condições de acesso;
- Dificuldade em caracterizar a geometria, bem como a resistência e deformabilidade dos materiais estruturais;
- Dificuldade na caracterização das condições geológicas e geotécnicas;
- Importância da instrumentação e observação em obras de grande complexidade na gestão do risco estrutural e geotécnico;
- Soluções de reforço de fundações por microestacas e de revestimento com betão projetado são mais versáveis e adaptáveis às circunstancias deste tipo de obras.

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem ao Dono de Obra a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com

17° Congresso Nacional de Geotecnia
10º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia
11º Encontro de Jovens Geotécnicos

ESCAVAÇÃO DE 3 CAVES DE EDIFÍCIO NO CENTRO DE MAPUTO

RUI TOMÁSIO
JETsj – Geotecnia

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL
Sociedade Portuguesa de Geotecnia
ABMS Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

17CNG
Lisboa • LNEC
14-17 • novembro • 2021

Índice

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA E FUNDAÇÃO
- ANÁLISE NUMÉRICA
- RESULTADOS DA ANÁLISE NUMÉRICA
- MONITORIZAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

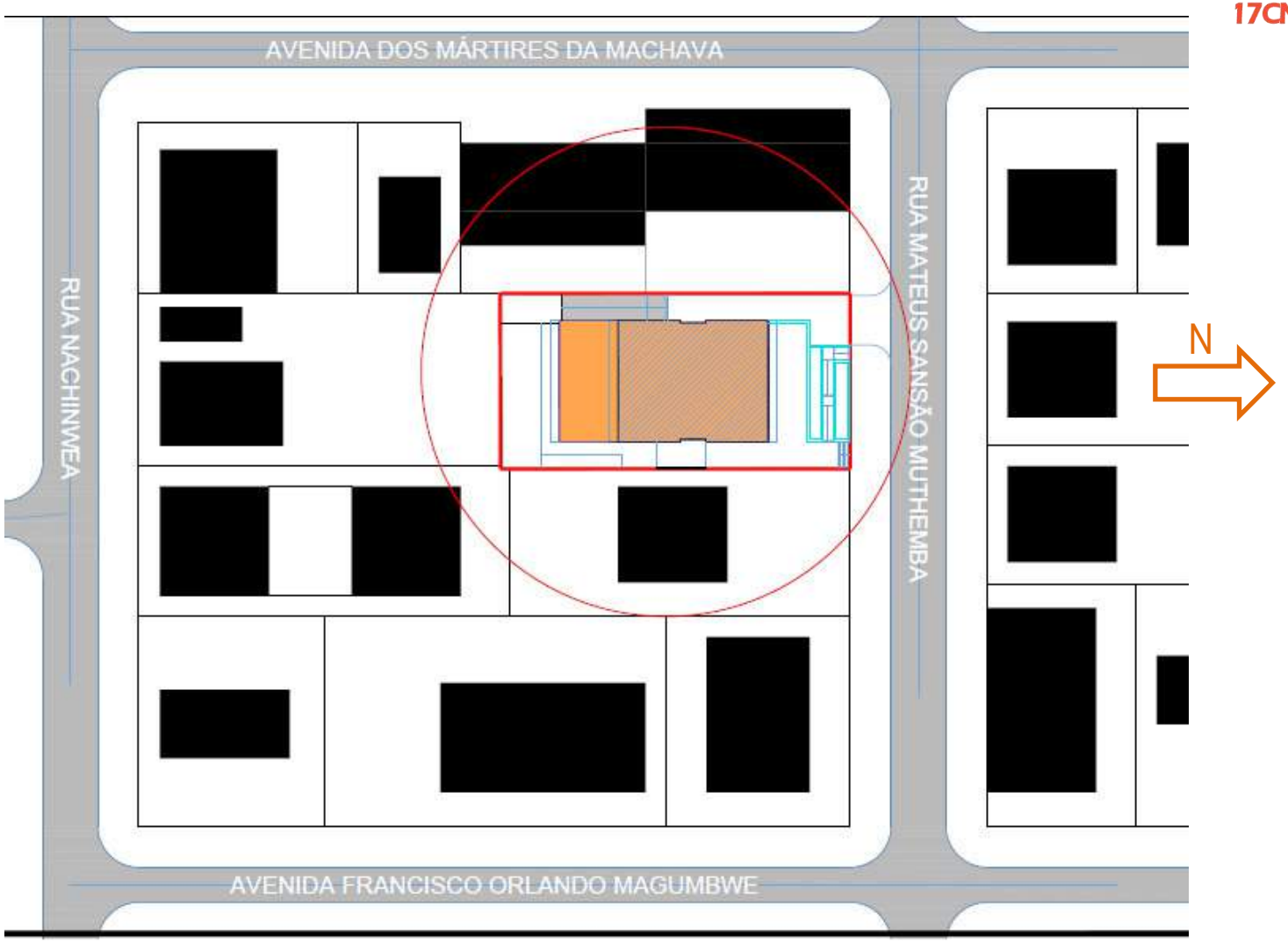
Introdução

Introdução

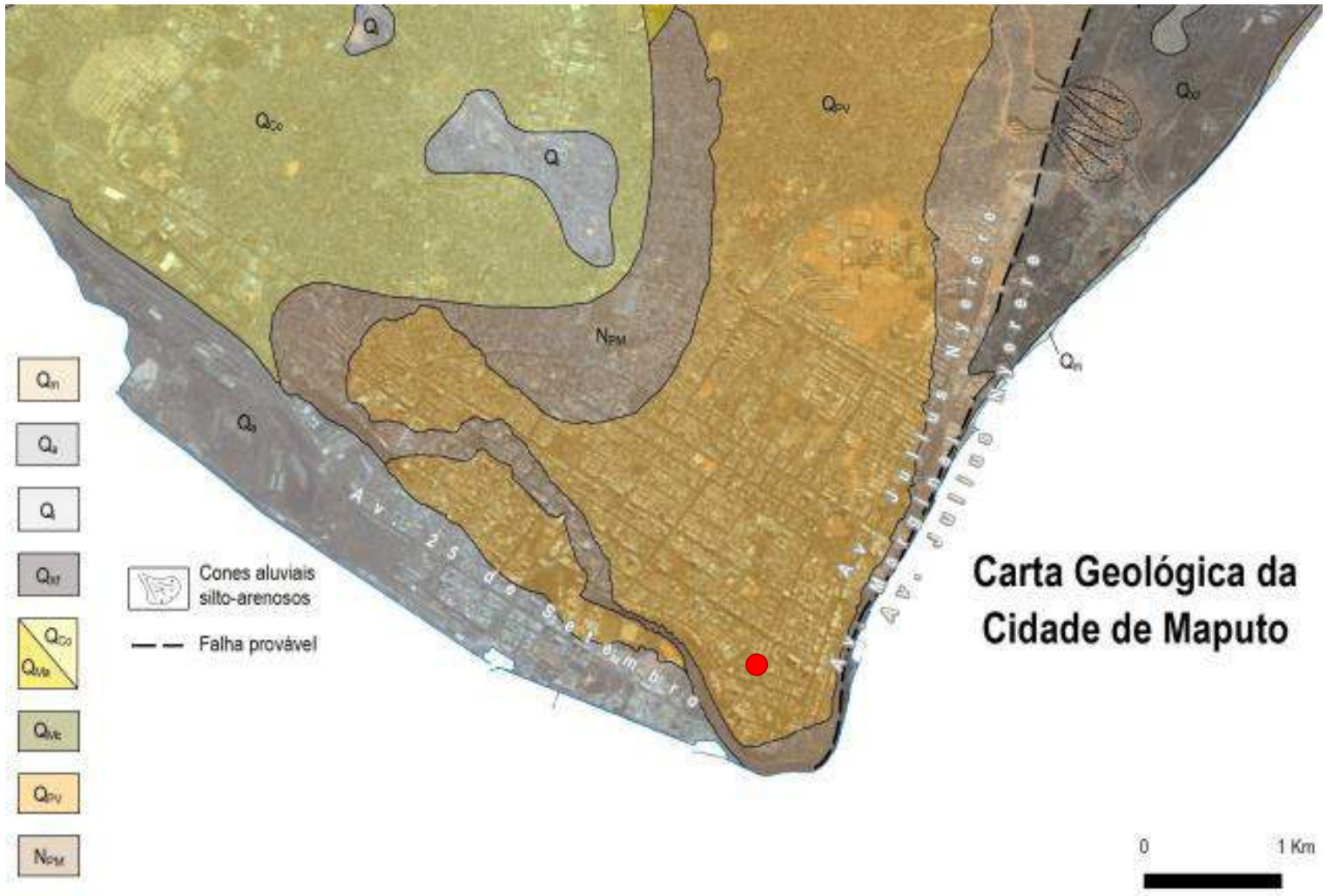
RUA MATEUS SANSÃO MUTHEMBA
Maputo
International School
Minis

Principais Condicionamentos - Vizinhança

- Alçado Norte – Rua Mateus Sansão Muthemba
- Sul – Vivenda de 1 piso, a cerca de 4m
- Nascente – Vivenda de 2 pisos, a cerca de 5m e alguns anexos encostados
- Poente – Edifício de 5/6 piso, a cerca de 5m e alguns anexos encostados

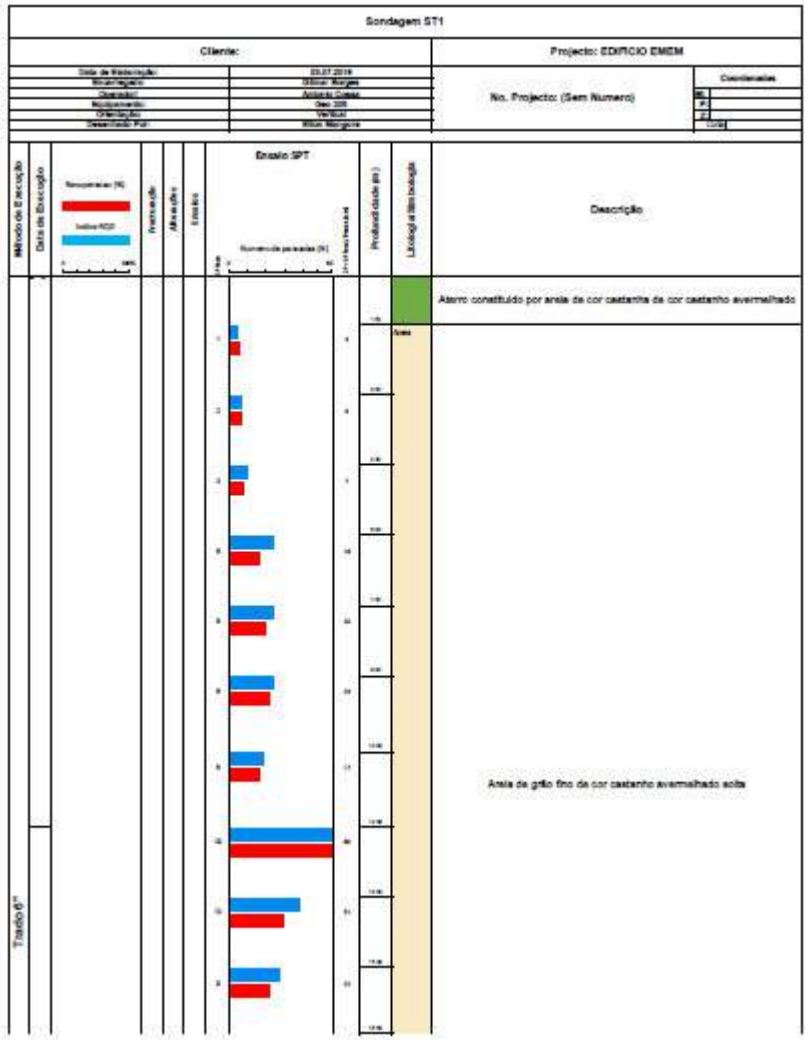


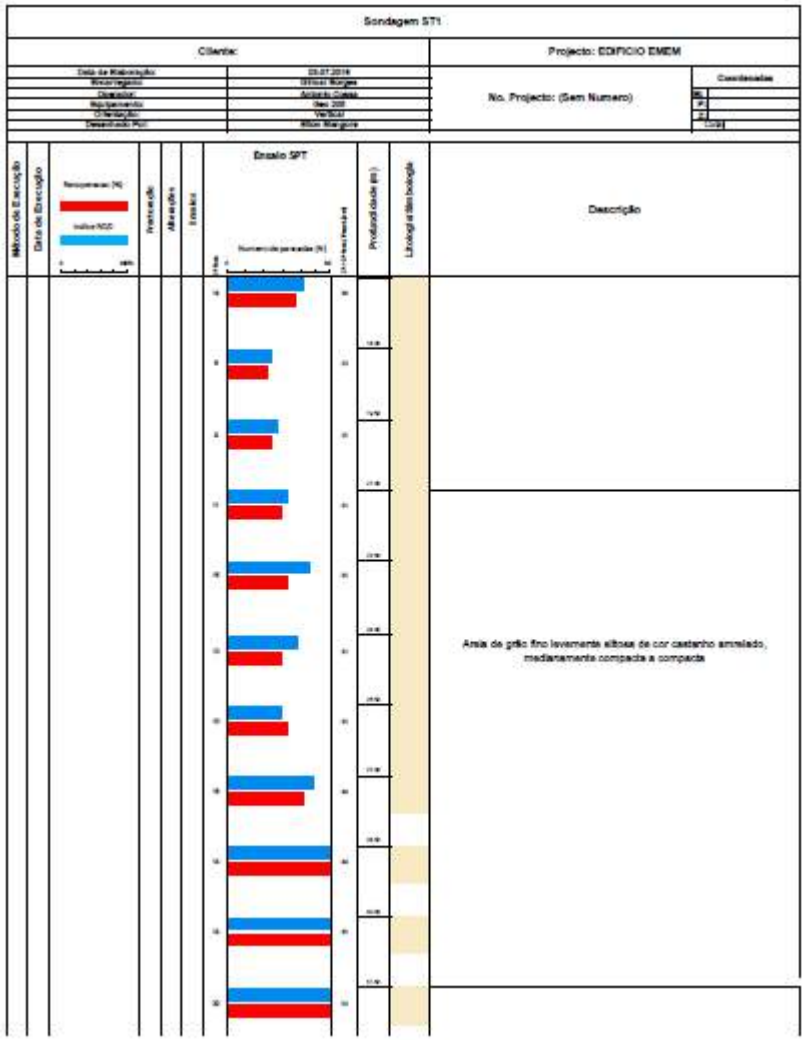
Principais Condicionamentos – Geológico-Geotécnicos

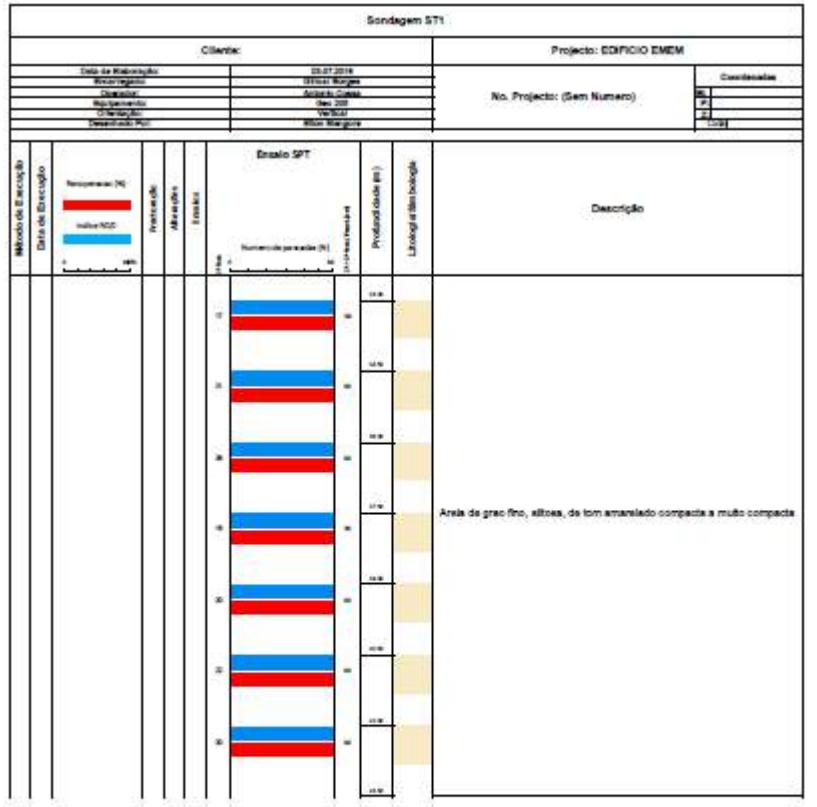


- Formação “Ponta Vermelha”
- Período Terciário
- Areias de grão fino a médio, siltosas, de tons avermelhados, alaranjados e amarelados, medianamente compactas a compactas
- Aumento de compacidade em profundidade

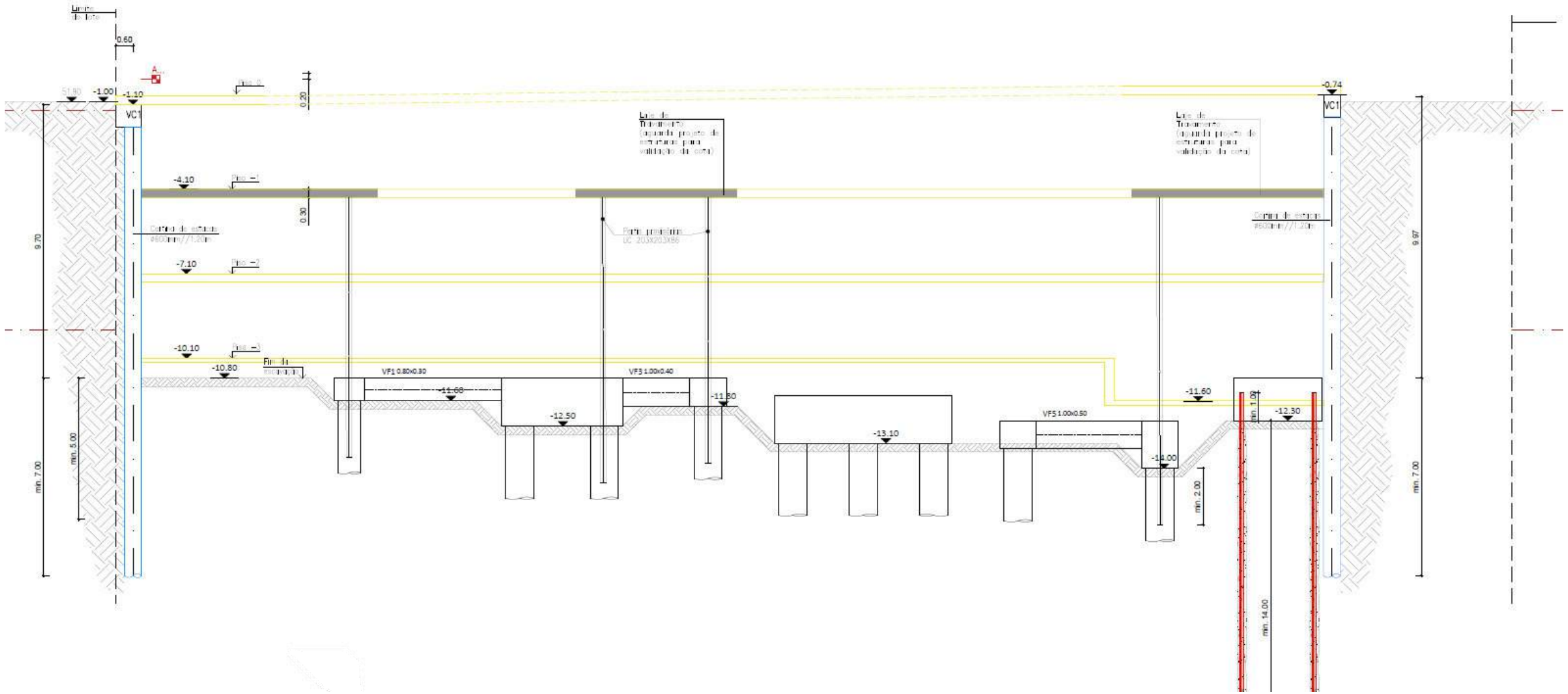
Principais Condicionamentos – Geológico-Geotécnicos





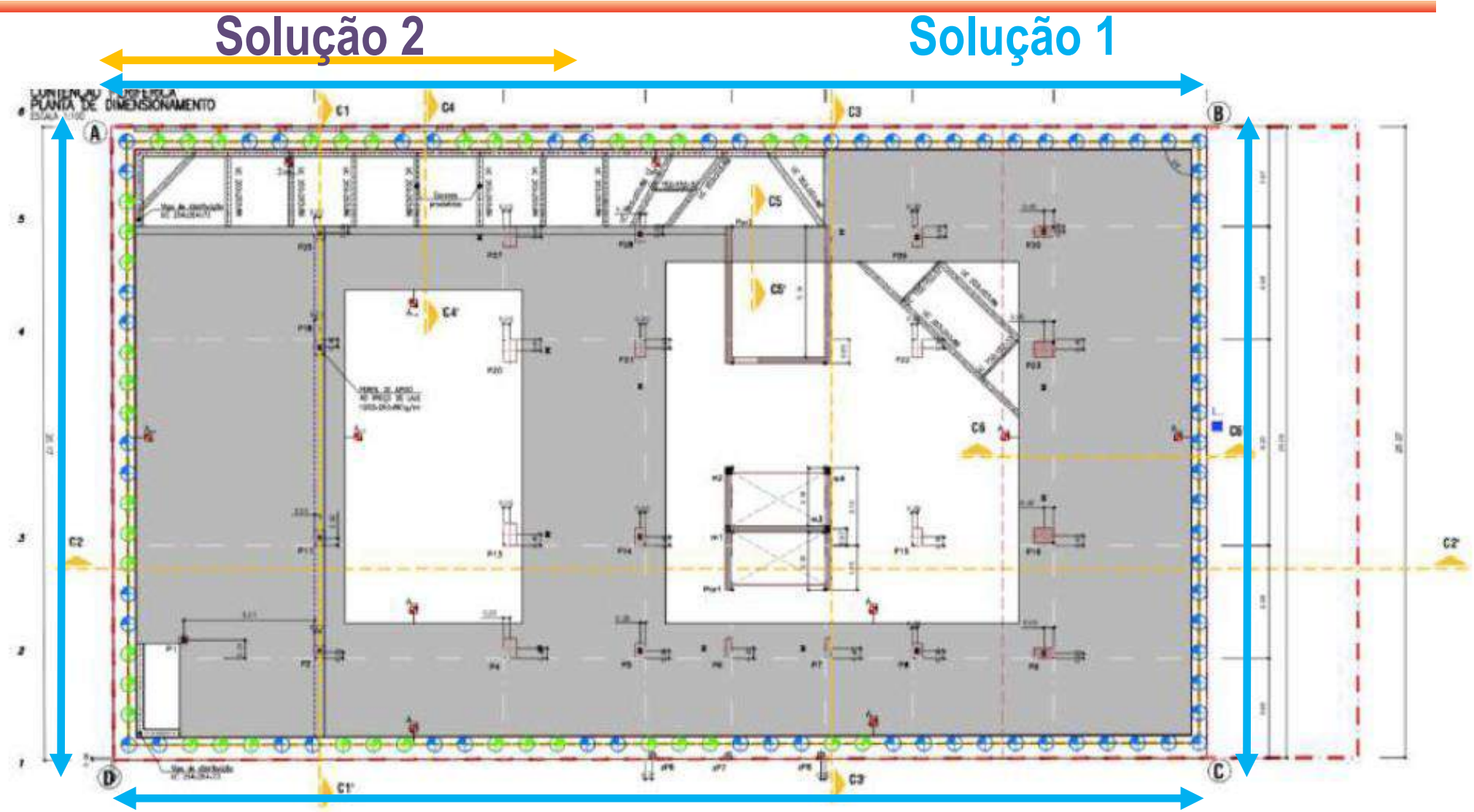


Descrição da Solução



Descrição da Solução

Descrição da Solução

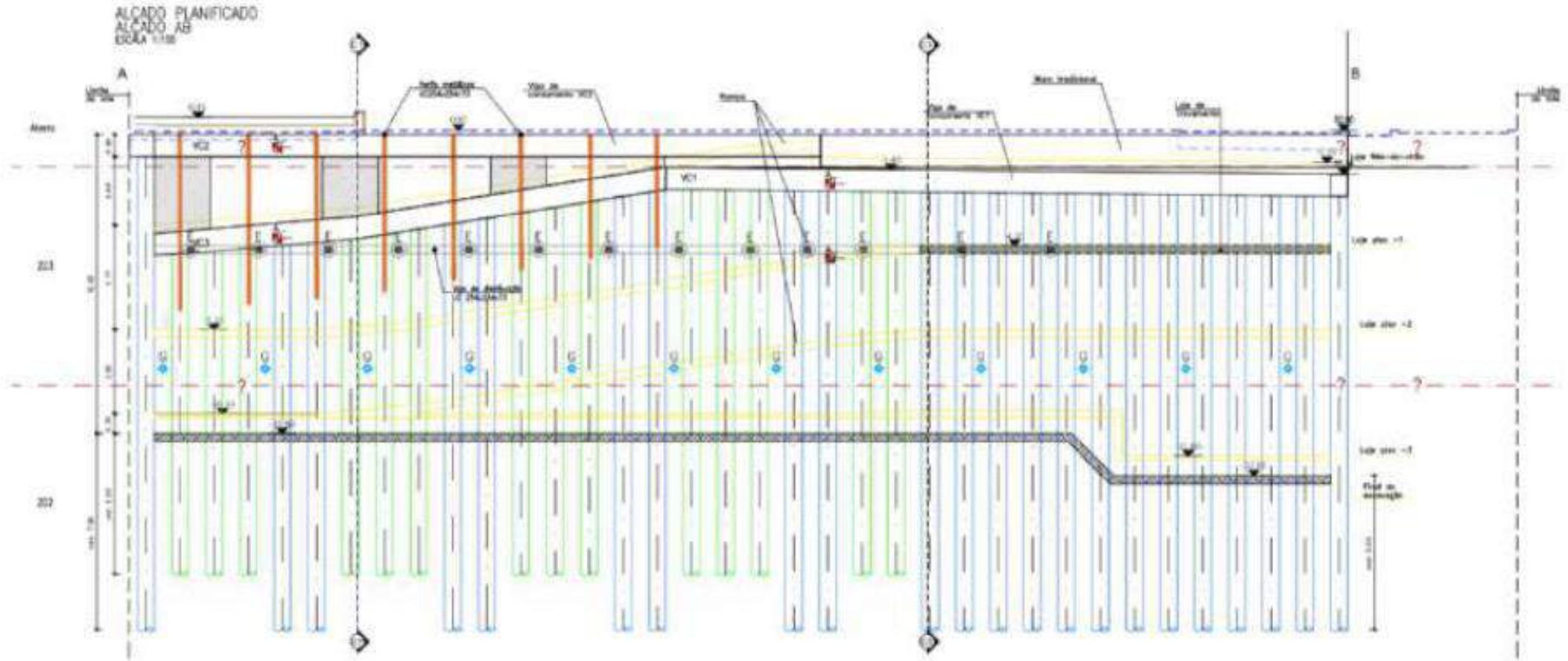


Descrição da Solução

Descrição da Solução

Solução 2

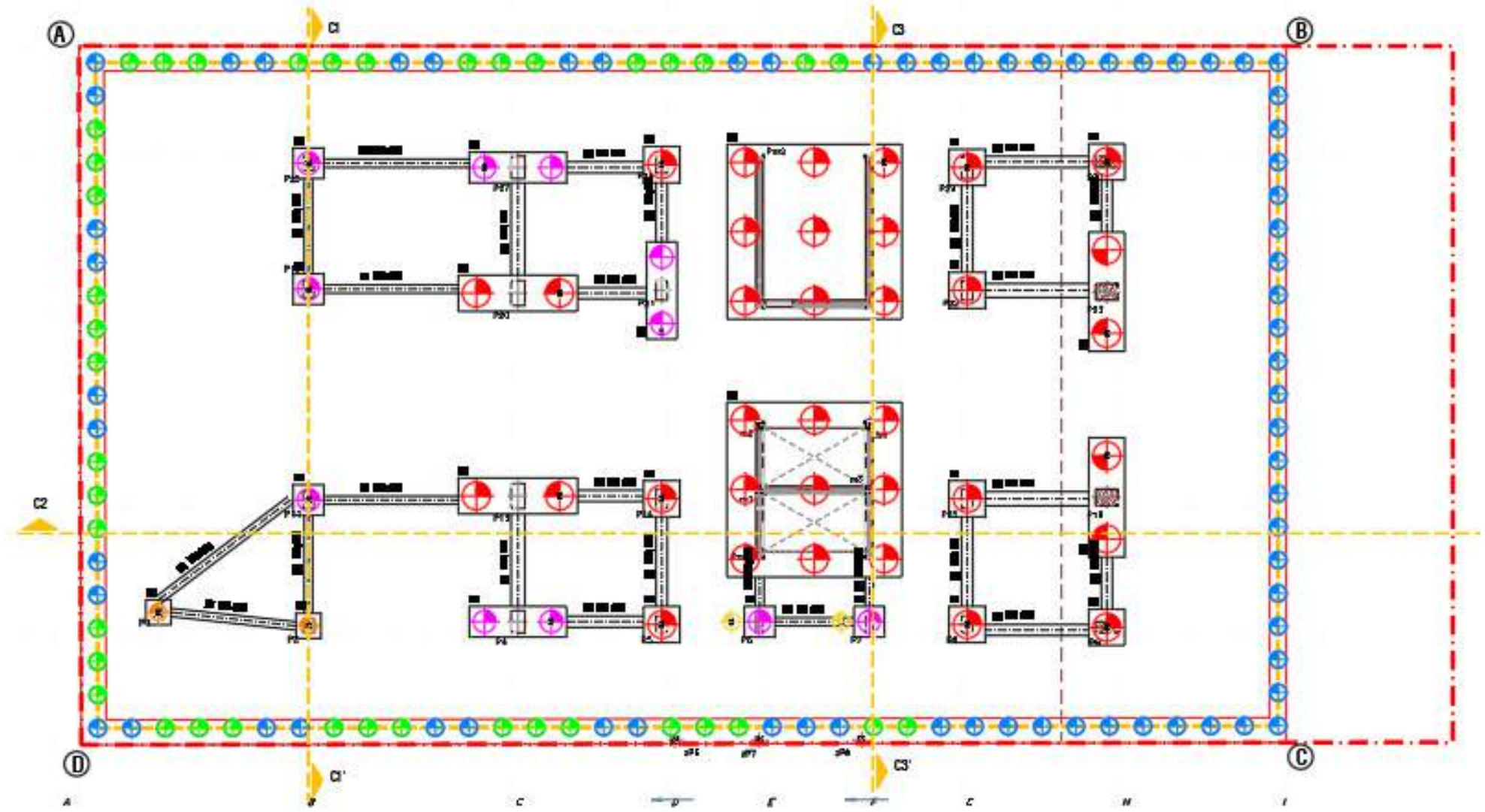
Solução 1



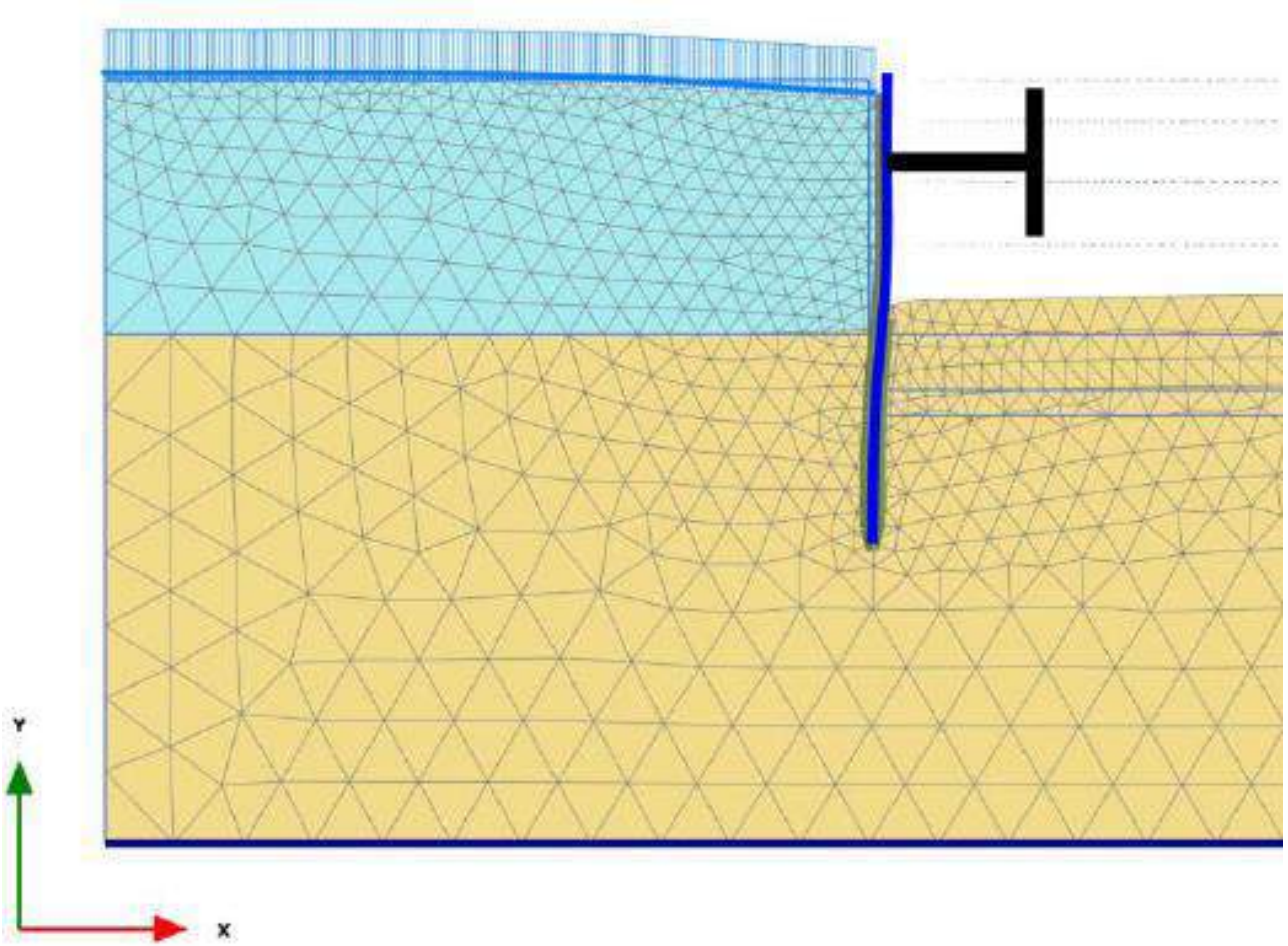
Descrição da Solução

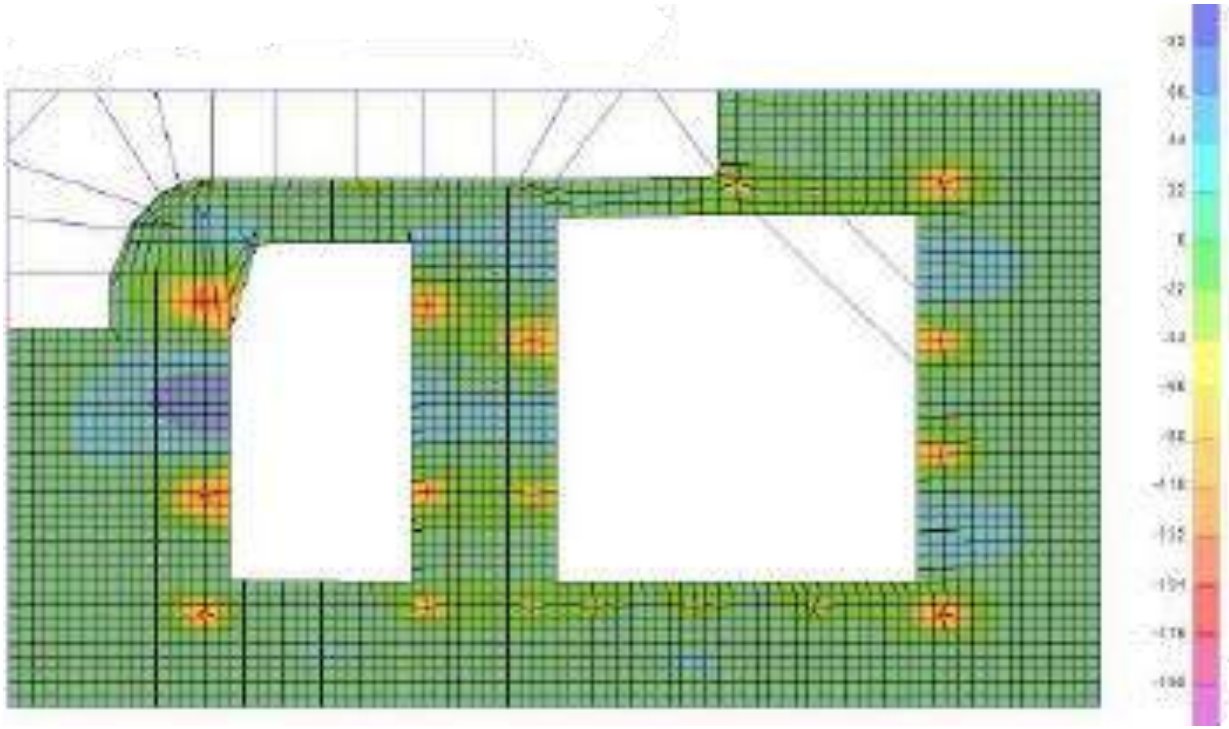
Descrição da Solução

Descrição da Solução

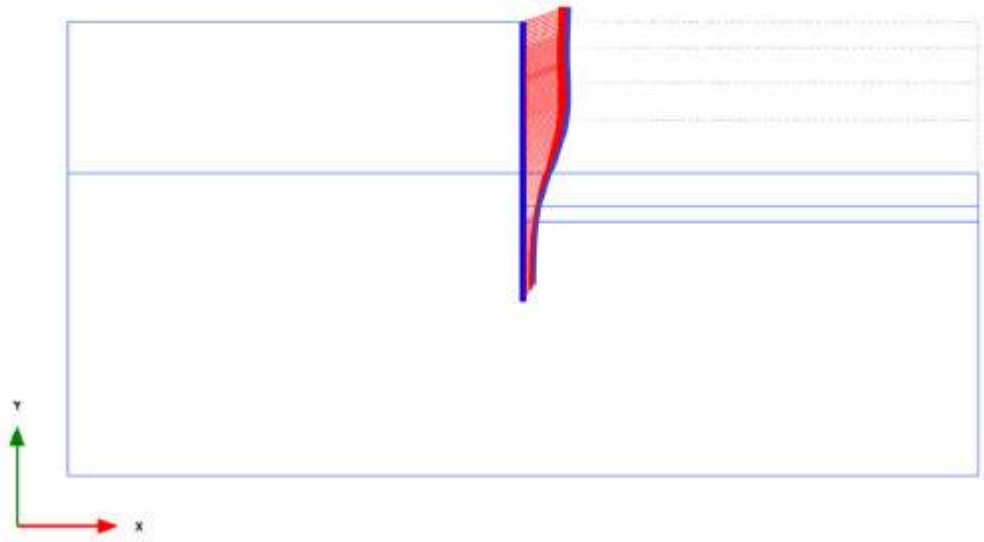


Análise Numérica





Resultados da Análise Numérica



Total displacements |u| (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,01562 m (Element 1 at Node 6203)

Deformação da Cortina
16mm

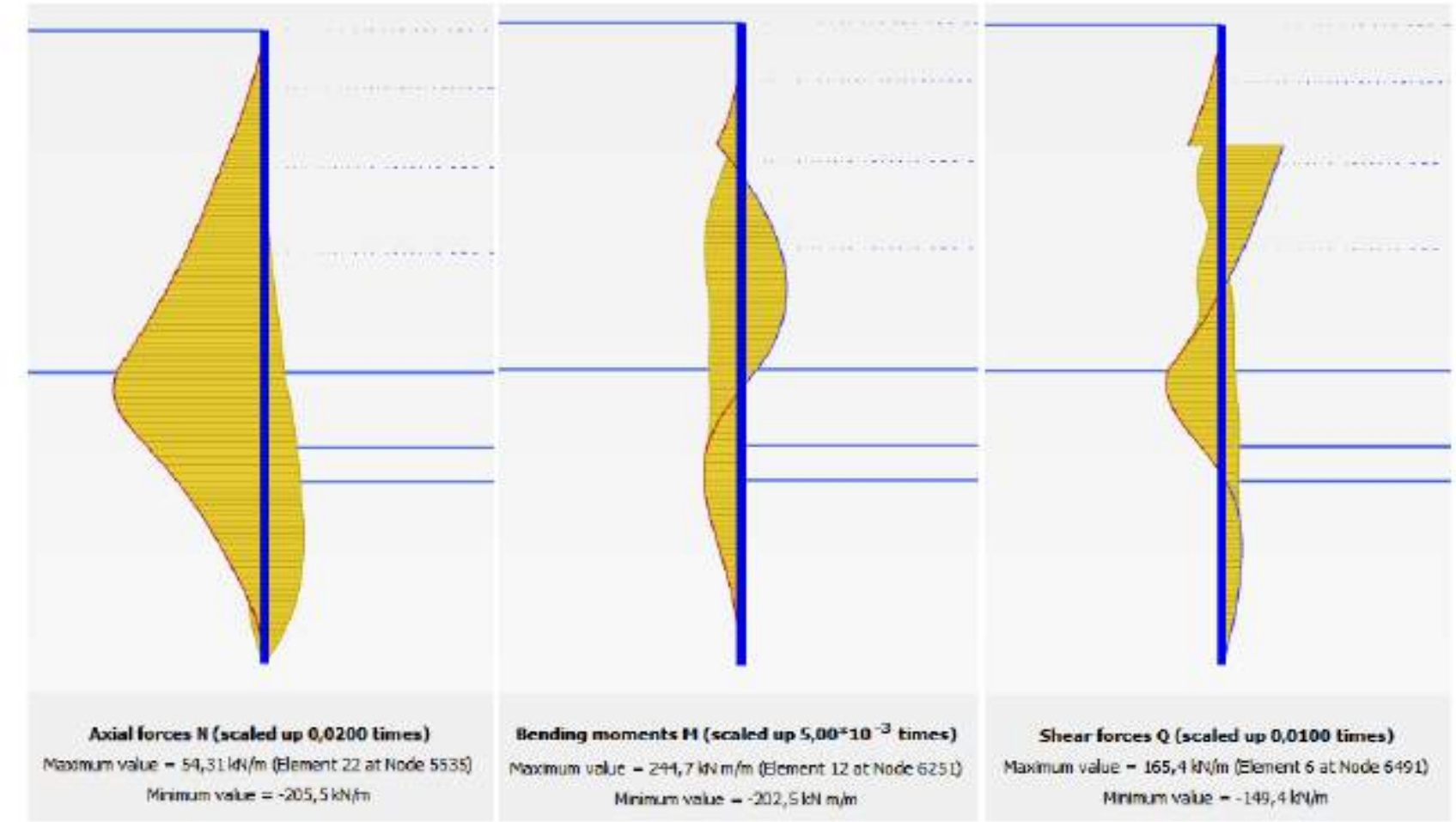
Total displacements u_y (scaled up 100 times)

Maximum value = $-1{,}206*10^{-3}$ m

Minimum value = -0,01498 m

Assentamento a tardoz da Cortina
15mm

Resultados da Análise Numérica

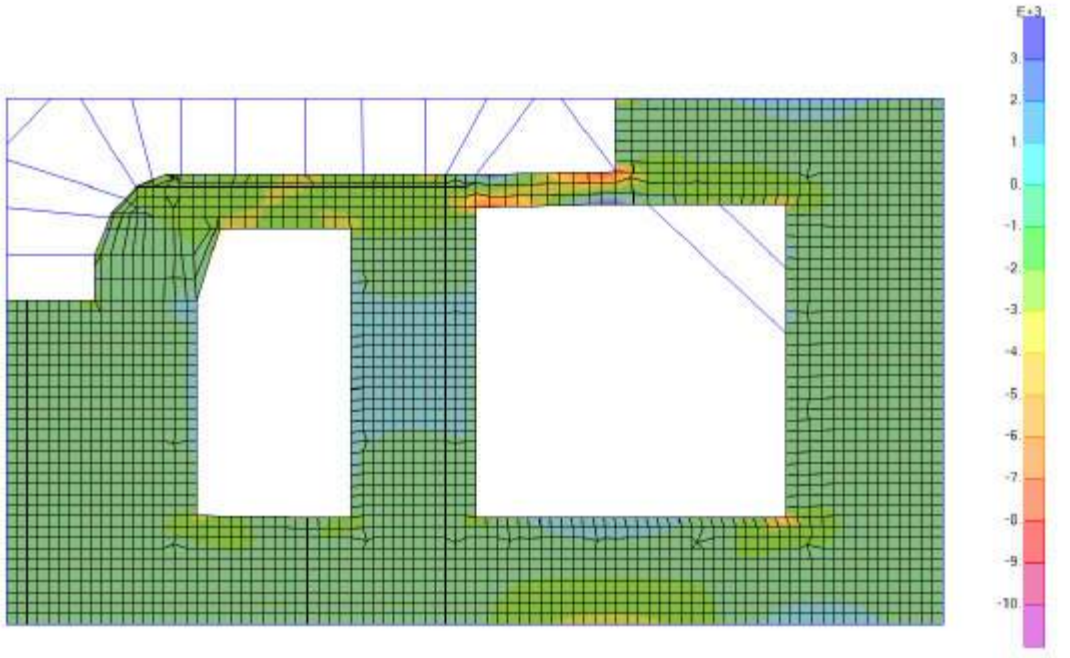


Nmax = 55kN/m

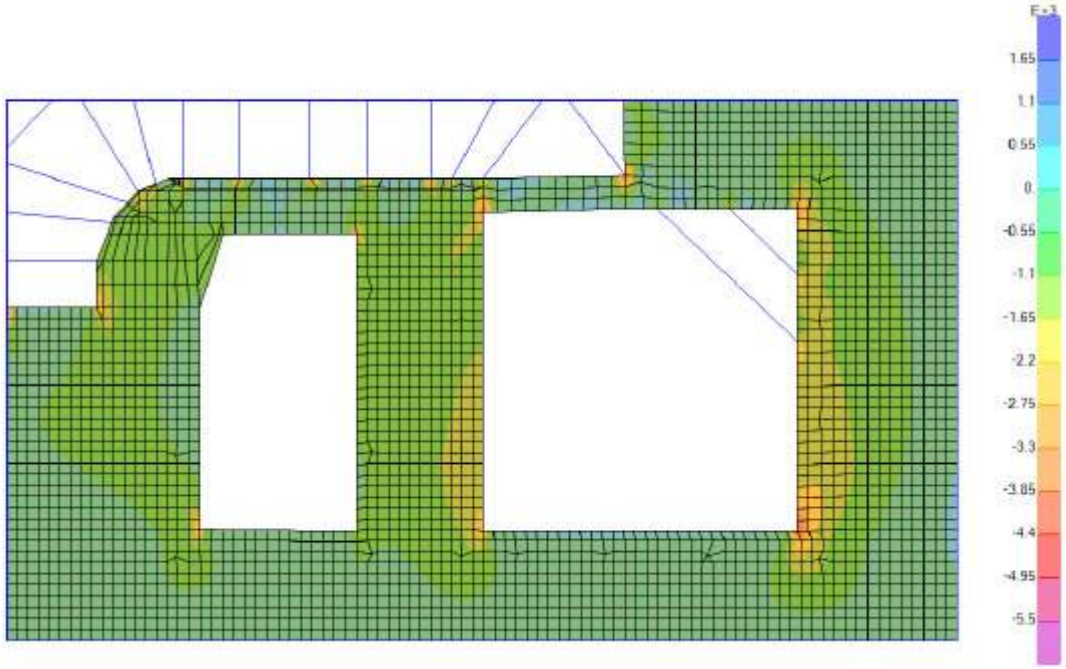
Mmax = 245kNm/m

Vmax = 165kN/m

Resultados da Análise Numérica

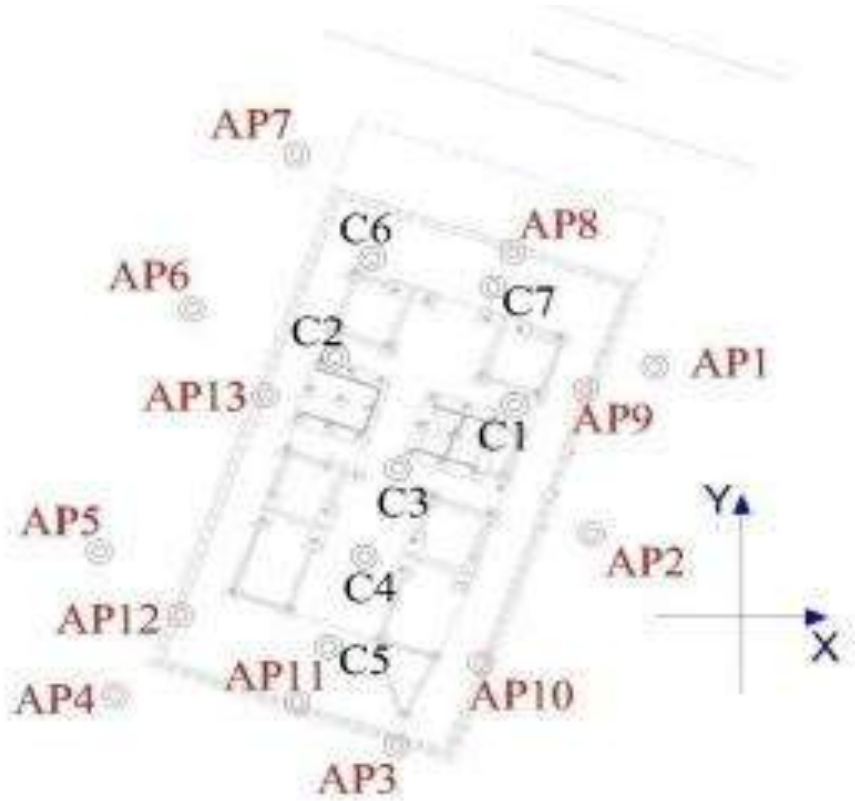


Esforços no Plano da Laje
Direção Horizontal

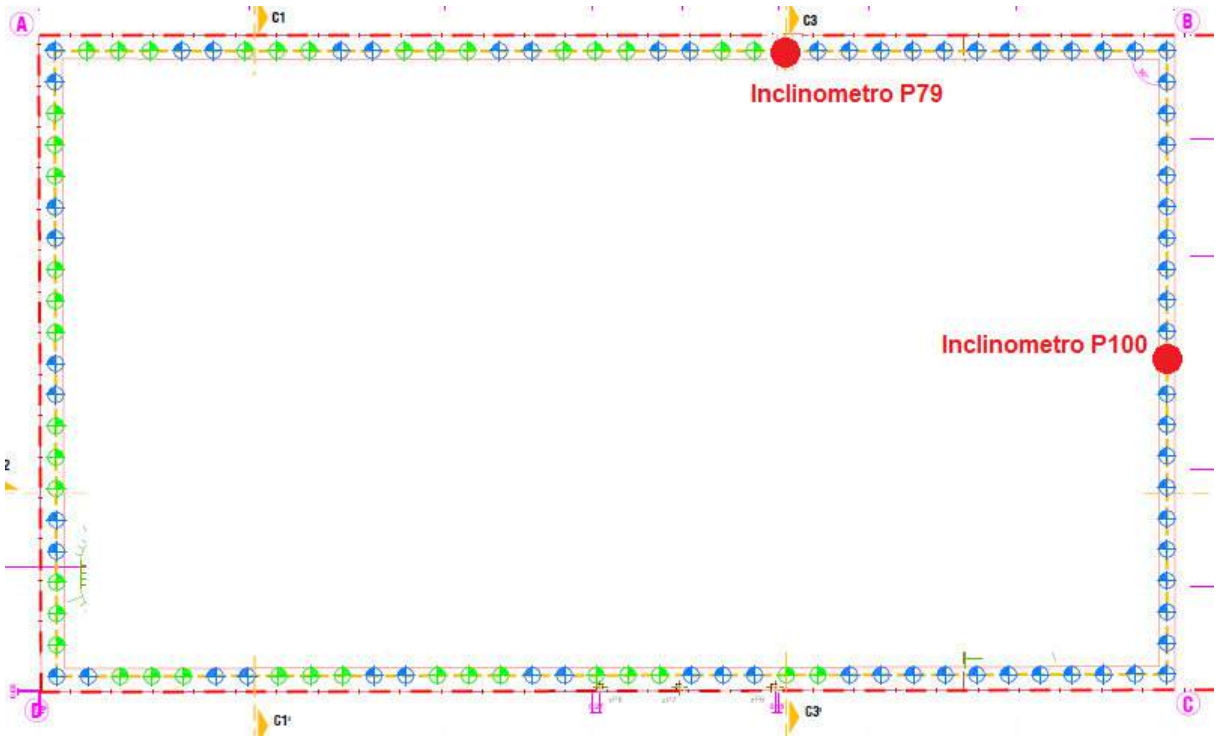


Esforços no Plano da Laje
Direção Vertical

Monitorização



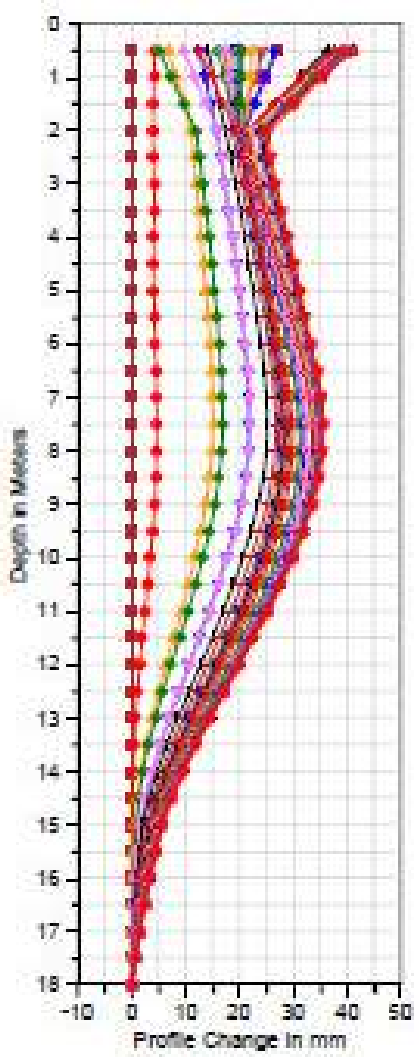
Localização Alvos Topográficos

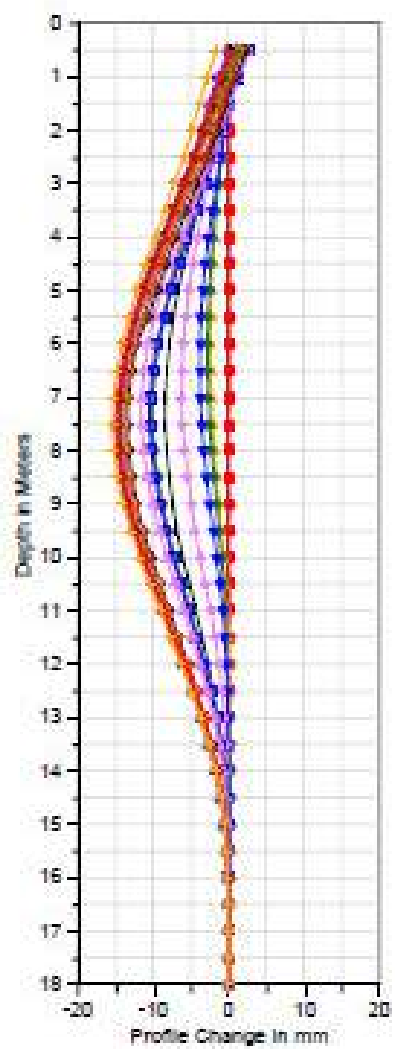


Localização Inclinómetros

Monitorização

Inclinómetro P79





Inclinómetro P100

Considerações Finais

- Solução com um bom desempenho global
- Solução versátil e económica, correspondendo a uma parede com uma espessura equivalente de 23cm
- Utilização de apenas um nível de travamento para a construção de 3 caves
- Minimização dos elementos provisórios que não são incorporados na estrutura definitiva (escoras metálicas)
- Evitar a execução de ancoragens provisórias sob os terrenos vizinhos
- Escavação integral, numa única fase, após execução da banda de laje, sem necessidade de voltar a recorrer ao subempreiteiro da especialidade

JET SJ

THE GROUND IS OUR CHALLENGE

OBRIGADO PELA ATENÇÃO

Os autores agradecem a permissão para a redação do presente artigo.

www.jetsj.com
info@jetsj.com