18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

TRATAMENTO DE SOLOS COM RECURSO A COLUNAS DE DEEP SOIL MIXING PARA UM ATERRO SANITÁRIO EM BIGUAÇU, BRASIL

SOIL TREATMENT USING DEEP SOIL MIXING COLUMNS FOR A LANDFILL IN BIGUAÇU, BRAZIL

Nuno Braz da Silva, Fabio Brumano, Alexandre Pinto, Marcelo Felix

JETsj Geotecnia, Tecnogeo Ground, JETsj Geotecnia, Tecnogeo Ground

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE PROJETO
- EXECUÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE PROJETO
- EXECUÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Necessidade de expansão do aterro sanitário para o crescente volume de resíduos urbanos
- Novas áreas de conquista de solos de fundação
- Solos com baixas característica de resistência e deformabilidade – solos moles
- Busca por soluções mais sustentáveis que utilizem o solo de fundação como elemento parte integrante da solução e não um "inimigo" do geotécnico
  - Tratamento e melhoria com mistura profunda de cimento - DSM

Figura 1 – Vista geral da zona da intervenção

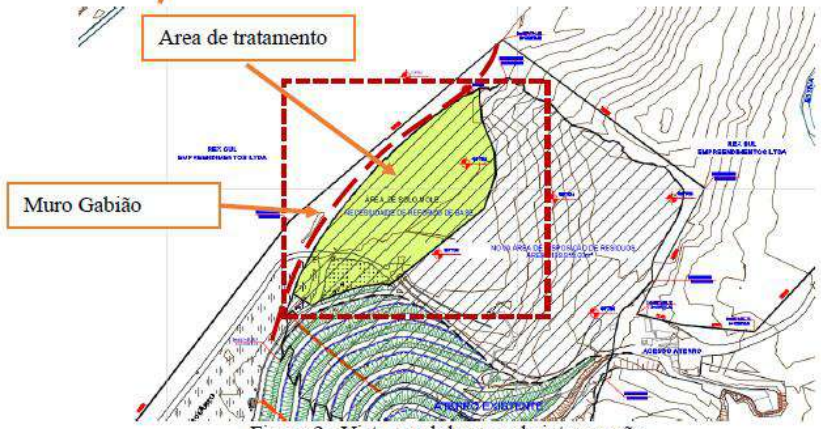


Figura 2– Vista geral da zona da intervenção

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- **INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS**
- SOLUÇÕES DE PROJETO
- EXECUÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 7 sondagens com execução de SPT
- 4 ensaios de piezocone com medição das poro-pressões e realização de ensaios de dissipação em pontos chaves
- Solos de fundação da área de expansão
  - Aterros essencialmente argilosos
  - Depósitos da Baía de São Miguel do período holocénico
    - solos de consistência mole com valores do qt ≤ 1MPa e SU = 15kPa
  - Depósitos Residuais Granito – Siltes arenosos com valor do SPT superiores a 40 golpes

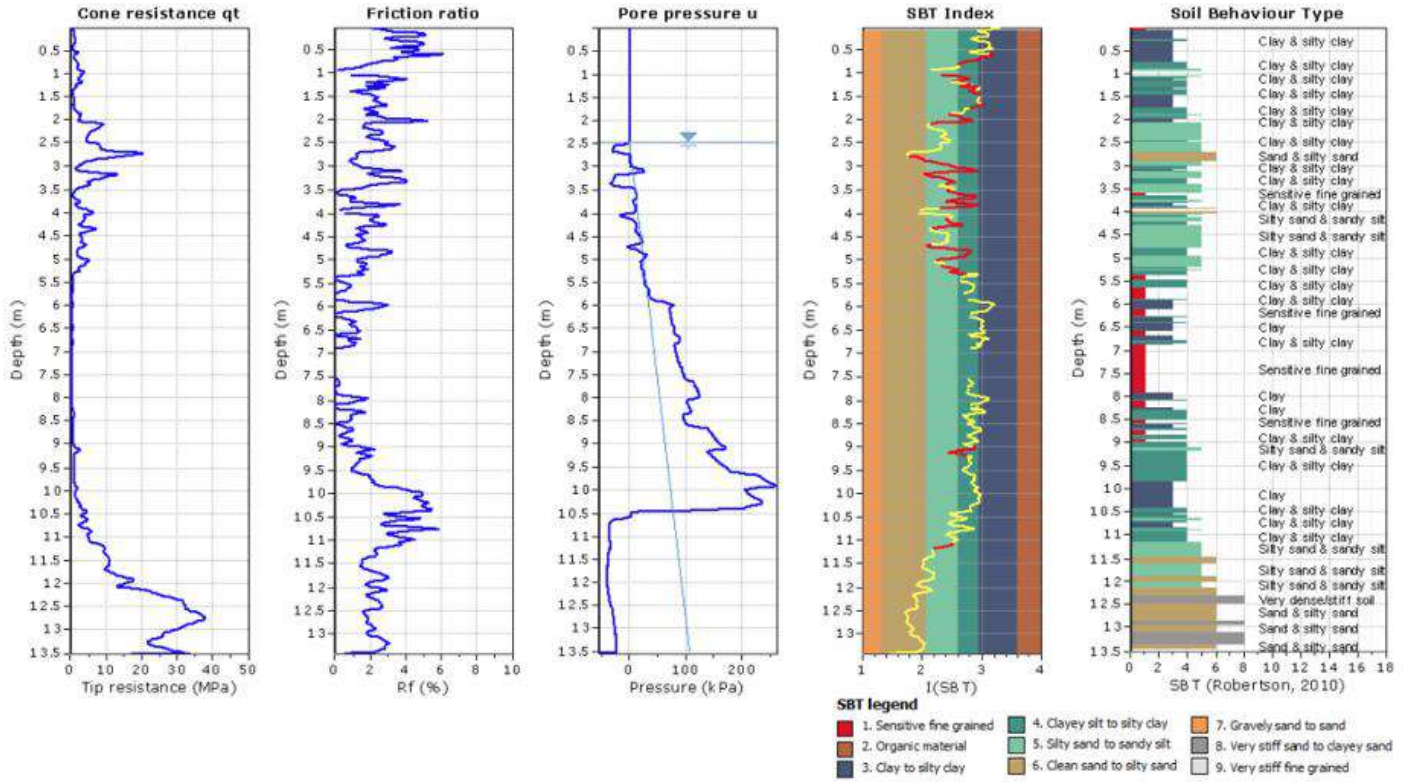


Figura 3. Ensaio CPTU 20

Tabela 1 – Parâmetros do solo

Formações Modeladas	Ø' (º)	c' (kPa)	γh (kN/m³)	E'50 (MPa)
Aterros	25,0	15,0	18,0	10,0
Depósitos de Baía S. Miguel: Solos moles	15,0	5,0	16,0	1,0
Depósitos Sedimentares: Siltes arenosos	35,0	0,0	18,0	30,0
Rocha: Granitos	40,0	60,0	19,0	100,0

- γ_h Peso específico húmido;
- Ø' Ângulo de atrito interno;
- E'_{50} Módulo de deformabilidade para carregamento a 50% da tensão máxima;
- c' Coesão drenada.

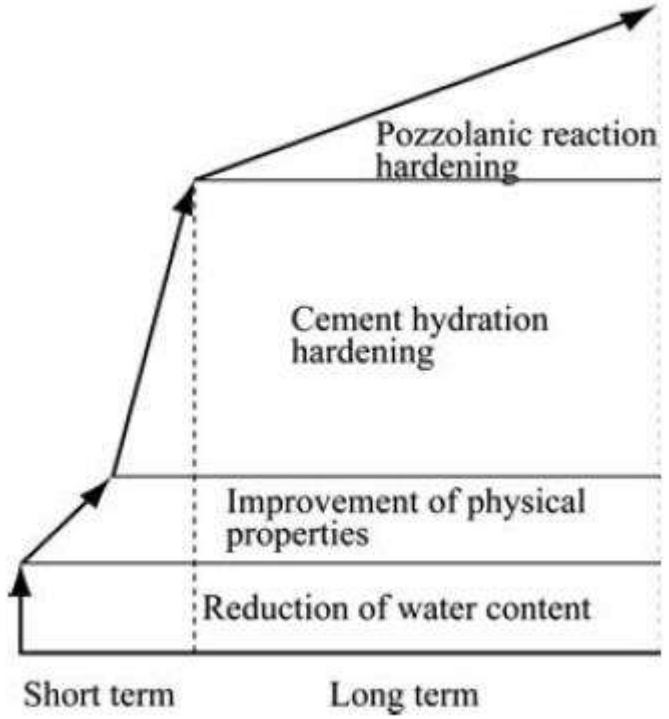
- Os parâmetros para as colunas de DSM são derivados a partir da sua resistência à compressão uniaxial, UCS
  - UCS = 1,0 Mpa
    - Resistência à tração, ftd: 15% UCS
    - Modulo secante, E': 180 MPa

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS
- **SOLUÇÕES DE PROJETO**
- EXECUÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mecanismo de melhoramento e tratamento com ligante comentício ocorre em 4 etapas principais

- Redução do teor em água
- Troca de ions entre a nata de cimento e os minerais presentes n solo
- Ganho de resistência e endurecimento pela hidratação do cimento;
- A longo prazo – Endurecimento por reação doa pozolana presente na composição cimentícia.



The Deep Soil Mixing Method, Kitazume, 2013

- Definição dos parâmetros equivalentes para a determinação da taxa de substituição ótima e verificação da estabilidade global – Conceito de célula equivalente

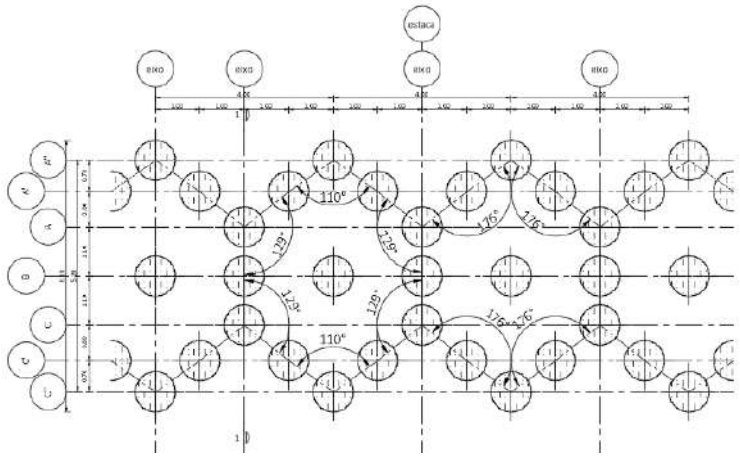
$$a_p = \frac{A_p}{d_1 \times d_2}$$

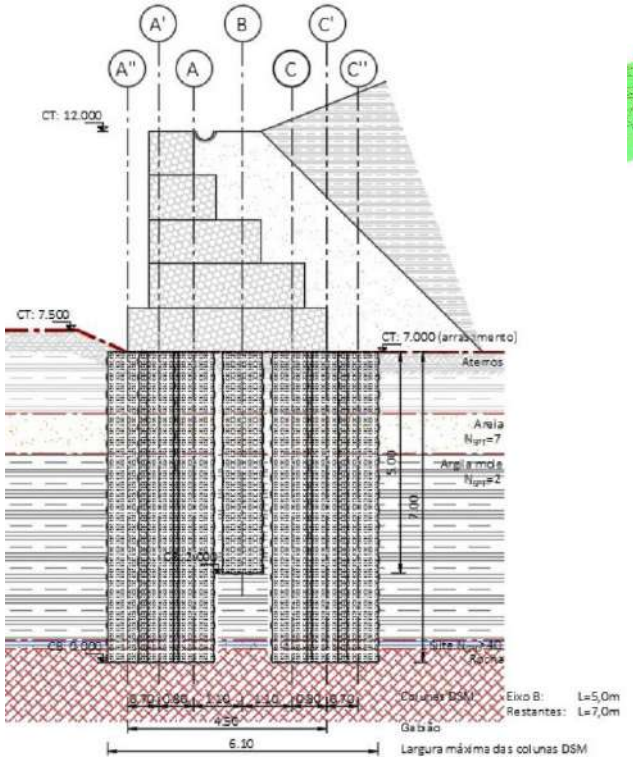
  - ap: Percentual de área melhorada;
  - Ap: Area da coluna DSM;
  - d1, d2: comprimento x largura.

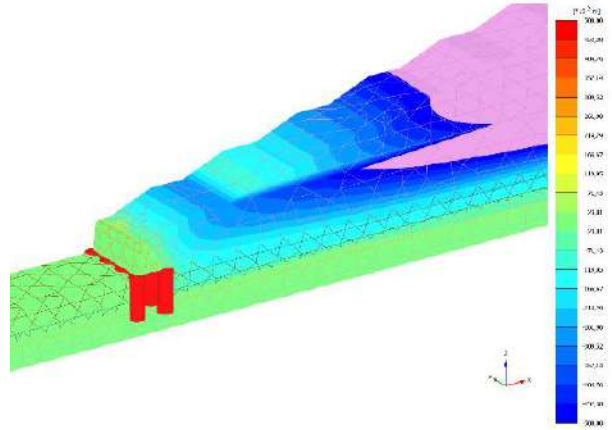
- Valor característico da resistência à compressão simples, 28 dias

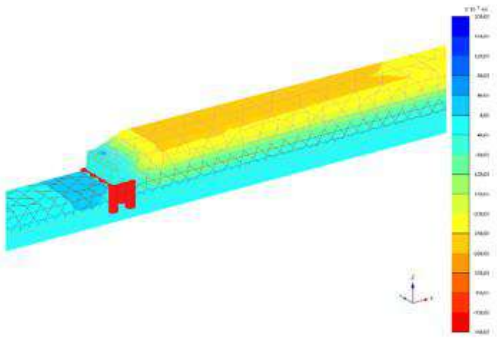
$$qu_{ck} = \overline{UCS} - K\sigma$$

$$qu_{ck} = \overline{1{,}00} - 1{,}1 \times 0{,}1 = 0{,}89MPa$$

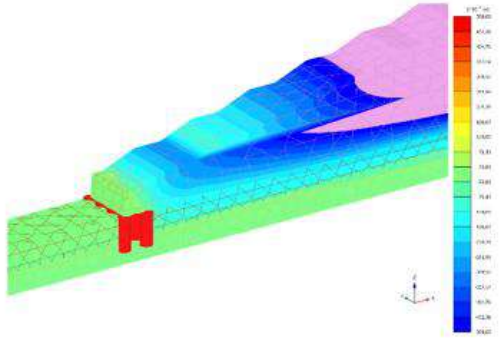




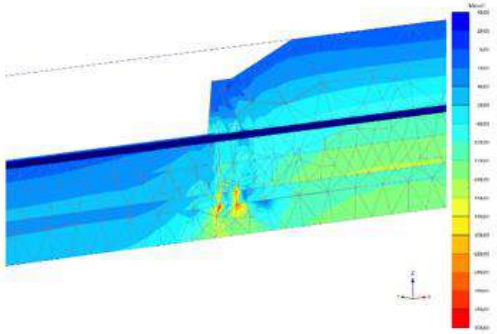




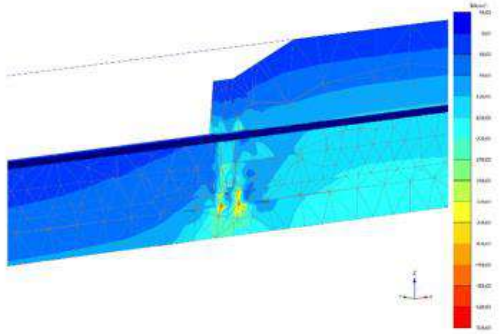
Recalques após construção do muro de Gabiões, δ = 9mm



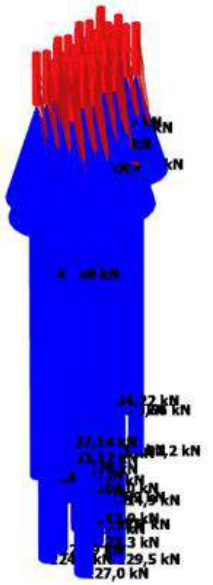
Recalques a longo-prazo, δ = 11mm



Tensões deviatórias



Tensão efetiva máxima de 530kPa na base das colunas DSM

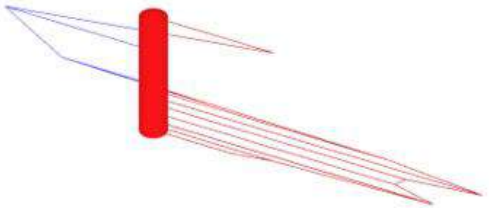


Axial forces N (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = -10,32 kN (Element 272 at Node 63385)

Minimum value = -368,8 kN (Element 70 at Node 62961)

Esforços de compressão



Shear forces Q_{12} (scaled up 0,500 times)

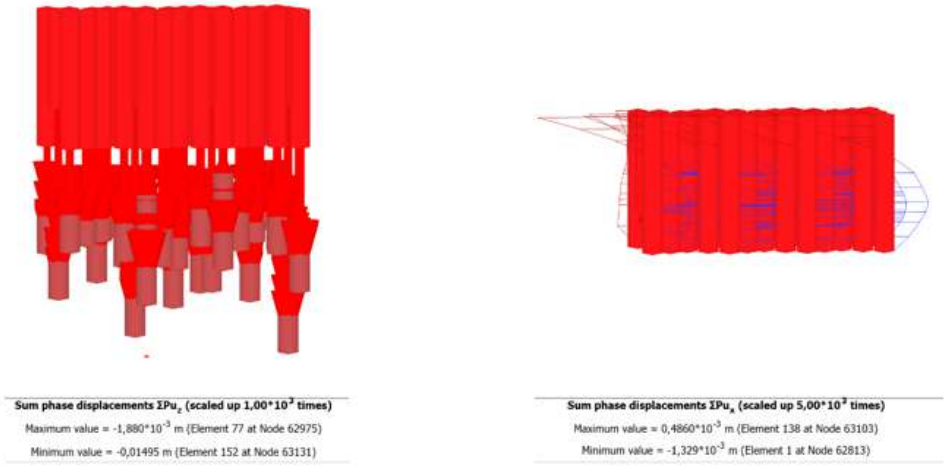
Maximum value = 11,92 kN (Element 273 at Node 63387)

Minimum value = -26,39 kN (Element 275 at Node 63391)

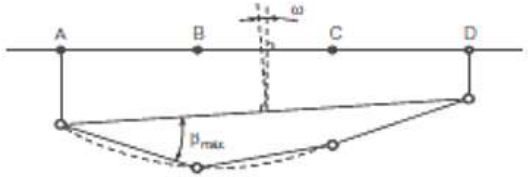
Esforços de cisalhamento

$$N_{Rd} = \frac{qu_{ck}}{\gamma_m} \times A = 377kN \geq N_{Sd} = 369kN$$

$$V_{Rd} = \frac{A_v \times 0.15 \times qu_{ck}}{\sqrt{3} \times \gamma_m} = 32{,}4kN \geq V_{Sd} = 26{,}39kN$$



Recalques e deslocamentos horizontais



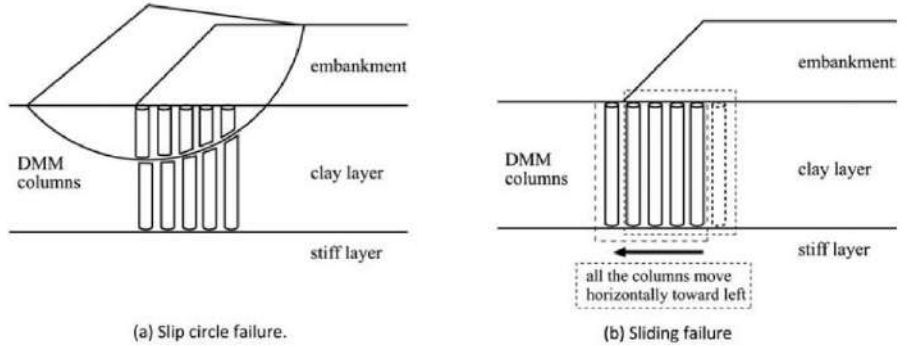
Recalque diferencial máximo, βmáx

$$\Delta_{máx} = 15mm < 20mm\ (Valor\ de\ referência)$$

$$\beta máx = \frac{L}{500} = 4mm > \delta = 2\text{mm}/0{,}70\text{m} = 2{,}9\text{mm}$$

Mecanismos de falha

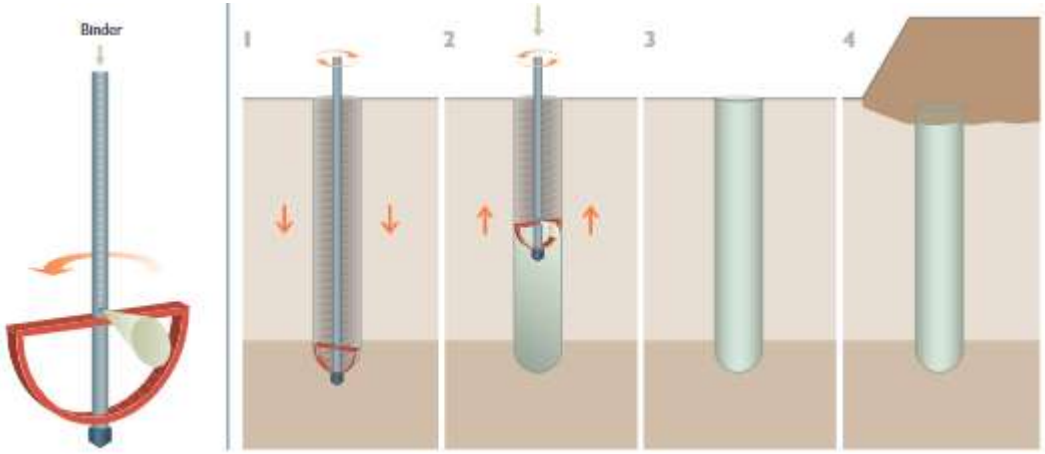
- Métodos de equilíbrio limite – Circulos de escorragemento sobrestimam o FS global – outros métodos de falha mais condicionantes
- Os mecanismos de falha:
  - Cisalhamento na zona ativa de corte
  - Flexão na zona de transição



The Deep Soil Mixing Method, Kitazume, 2013

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE PROJETO
- **EXECUÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS


Binder
1
2
3
4

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- INVESTIGAÇÕES GEOTÉCNICAS
- SOLUÇÕES DE PROJETO
- EXECUÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- A necessidade de utilização de técnicas e procedimentos construtivos que "aproveitem" as propriedades dos materiais in situ com parte integrante da solução de fundação para qualquer que seja a estrutura como o inicio de um longo percurso com vista à sustentabilidade e otimização de recursos – **Melhoramento de solos.**
- Diálogo permanente e a troca de experiencias entre a entidade executora e a projetista para a obtenção das melhores soluções técnicas e económicas.
- Investigações geotécnicas adequadas ao propósito final da estrutura que queremos executar ou técnicas construtivas que utilizamos, exe: Determinação do pH e teor em matéria orgânica. A acidez e valores elevadas em matéria orgânica podem inibir as reações químicas de hidratação do cimento ou reduzir substancialmente as resistência de projeto.

TRATAMENTO DE SOLOS COM RECURSO A COLUNAS DE DEEP SOIL MIXING PARA UM ATERRO SANITÁRIO EM BIGUAÇU, BRASIL

SOIL TREATMENT USING DEEP SOIL MIXING COLUMNS FOR A LANDFILL IN BIGUAÇU, BRAZIL

AGRADECIMENTOS

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

EXECUÇÃO DE POÇOS DE GRANDE DIÂMETRO EM MEIO URBANO RESERVATÓRIOS “NADO 1” E “VILARINHO 2”, EM BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS

DEPTH RESERVOIRE EXCAVATION IN URBAN AREAS RESERVOIRS "NADO 1" AND "VILARINHO 2", IN BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS

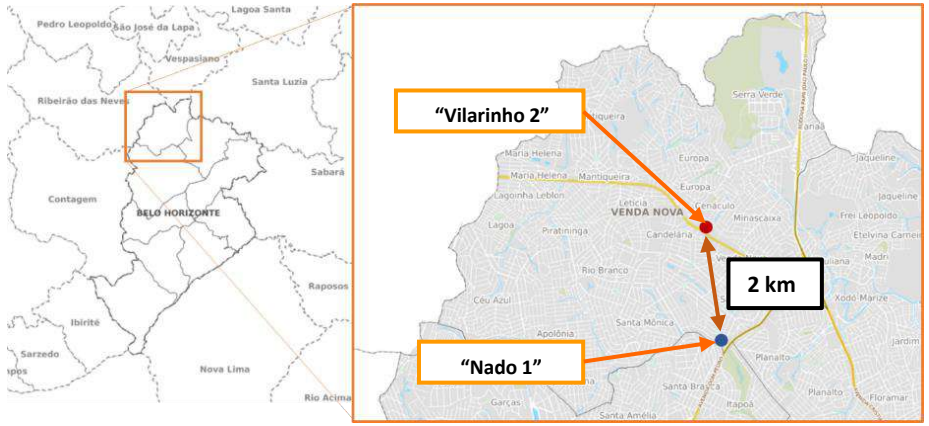
Nuno Braz da Silva, Miriam Lopes, André Henriques

JETsj Geotecnia, JETsj Geotecnia, JETsj Geotecnia

ÍNDICE

- PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- MODELAGEM NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

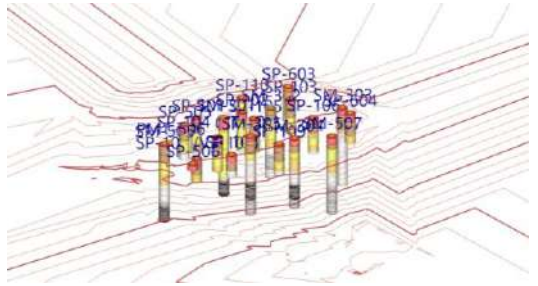
- Execução de dois reservatórios profundos (h=35m)
- Diâmetro = 40m
- Área aprox = 3 500 m^2
- Volume escavado = 106 000 m^3
- Execução dos trabalhos condicionada pelas infraestruturas rodoviárias e edifícios existentes na proximidade
- Soluções de contenção em parede diafragma e pórticos de grande rigidez nas interseções dos semi-círculos secantes.

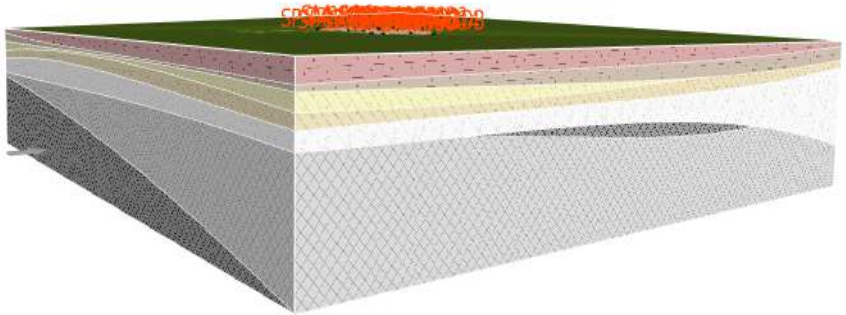


Os reservatórios “Nado 1” e “Vilarinho 2” inserem-se no âmbito das “Obras de Mitigação das Inundações Recorrentes dos Córregos Vilarinho, Nado e Ribeirão Isidoro para a Etapa 1 – Período de Retorno TR=10 anos, tendo em vista a sua integração nos Sistemas de Macrodrenagem dos Córregos do Nado, Vilarinho e Ribeirão Isidoro, pertencentes à Bacia Hidrográfica de Ribeirão da Onça.

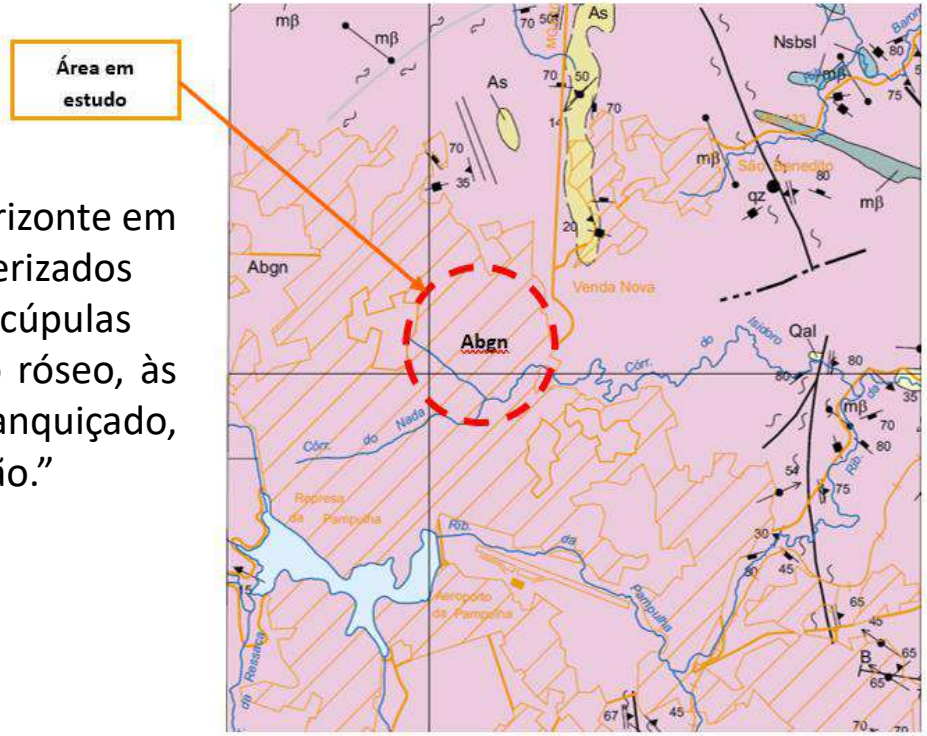
ÍNDICE

- PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- MODELAGEM NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS





- "Os gnaisses do Complexo Belo Horizonte em geral mostram-se bastante intemperizados
- Muitas vezes essas rochas formam cúpulas
- O solo é arenoso a argilo-arenoso róseo, às vezes um verdadeiro saibro esbranquiçado, nos estágios iniciais de meteorização."



Complexo Belo Horizonte/ Complexo Granítico-Gnáissico-Migmatítico	Abγc, Abgn, Ab, Abm, Agm	U/Pb Zircão 2860+14/-10 Ma (mobilizado migmatítico) 2922 Ma (Zircão herdado)	Ab - Granitos/granitóides. Granito Coelho: biotita granito cinza (Abγc).Migmatitos com estruturas diversas; paleossoma: anfibolitos, gnaisses dioríticos, quartzo monzodioríticos; neossoma de composição em geral granítica (Abm). Biotita gnaisses, hornblenda-biotita gnaisses, biotita-homblenda gnaisses de composição tonalítica/granodiorítica (trondhjemitos), granitóides, granito gnaisses, gnaisses quartzo monzoníticos, lentes de anfibolitos (Abgn). Agm - Biotita (horblenda) gnaisse bandado de composição granítica,granodiorítica e tonalítica, com intercalações de anfibolitos, granitóides e migmatitos.	Ab- Fácies anfibolito/ anfibolito alto; deformação anterior a Dn com zonas de cisalhamento dúcteis exclusivas dos gnaisses: (alto ângulo) afetado por Dn+1 na parte E e na região do Espinhaço.

1. **Brandalise, Luíz Alberto.** Folha SE.23-Z-C-VI. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100 000. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Belo Horizonte.* Brasília : s.n., 1999.

Foram realizados, em ambas as áreas de intervenção, um conjunto de trabalhos de prospeção mecânica, prospeção geofísica, e de ensaios in situ. Nomeadamente:

- Sondagens percussivas associadas a ensaios de penetração dinâmica do tipo SPT (Standard Penetration Test);
- Sondagens mistas associadas a ensaios de penetração dinâmica do tipo SPT (Standard Penetration Test);
- Ensaios de permeabilidade in situ, de infiltração em solos e de perda de água sob pressão em rocha;
- Ensaios in situ de palheta (Vane test);
- Ensaios in situ de pressiômetro (PMT);
- Ensaios in situ de diatômetros de Marchetti (DMT);
- Ensaios in situ do tipo Crosshole;
- Ensaios in situ do tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Unidades estratigráficas interferidas na campanha de prospecção

Estratigrafia		Litologia
Recente	Depósitos de aterro	Argilas areno-siltosas por vezes com fragmentos líticos
	Depósitos aluvionares/coluvionares	Argilas, por vezes com matéria orgânica, argilas arenosas, argilas siltosas, siltes arenosos, siltes argilo-arenosos e areias
Arqueano	Complexo Belo Horizonte – Ab	Solos resultantes da alteração do maciço rochoso de gnaisse (siltes arenosos, siltes argilosos e areias com argila e silte)
		Maciço rochoso (gnaisse) muito alterado a são

Zonamento geotécnico

I.D.	Descrição	Litologia
ZGC.2	Depósitos de aterro	Argilas areno-siltosas por vezes com fragmentos líticos
ZGC.1	Depósitos aluvionares/coluvionares	Argilas, por vezes com matéria orgânica, argilas arenosas, argilas siltosas, siltes arenosos, siltes argilo-arenosas e areias
ZGB.3	Solos de alteração (N_{SPT}<30)	Siltes arenosos, siltes argilosos e areias com argila e silte
ZGB.2	Solos de alteração (30<N_{SPT}<60)	Siltes arenosos e siltes arenosos com argila
ZGB.1	Solos de alteração (N_{SPT}>60) / Gnaisse (A5/C5)	siltes arenosos, areias siltosas e areias médias a grossas
ZGA.2	Gnaisse (A4/C4)	Maciço rochoso muito alterado
ZGA.1	Gnaisse (A3/C3) a (A1/C1)	Maciço rochoso são a moderadamente alterado

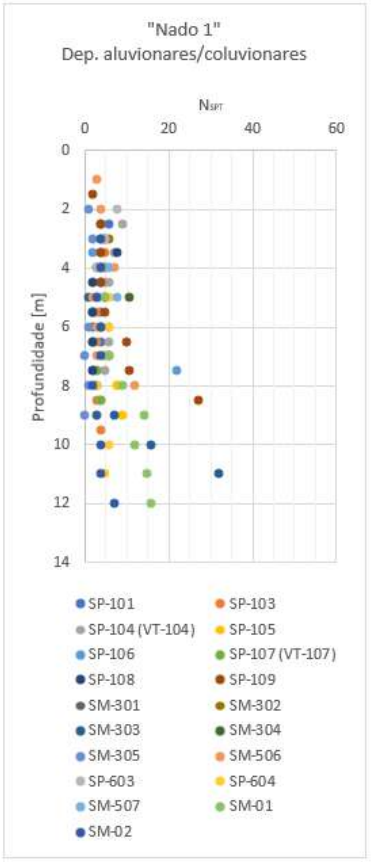


Figura 11 - Resultados dos ensaios de penetração dinâmica executados na área de implantação do reservatório "Nado 1" - Depósitos aluvionares/coluvionares

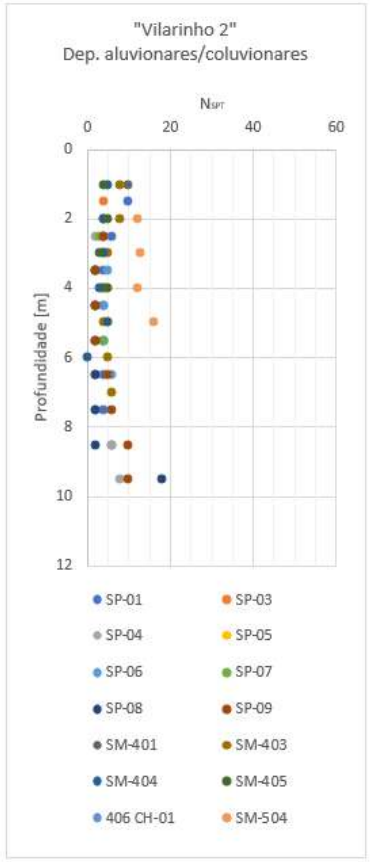


Figura 12 - Resultados dos ensaios de penetração dinâmica executados na área de implantação do reservatório "Vilarinho 2" - Depósitos aluvionares/coluvionares

Tabela 15 - Síntese dos resultados ensaios de penetração dinâmica executados na área de implantação do reservatório "Nado 1" - Depósitos aluvionares/coluvionares

"Nado 1" - Depósitos aluvionares/coluvionares			
N_{SPT}	Designação segundo NBR 6484:2020	Nº de ensaios	%
≤ 2	Muito mole	24	19,0%
3 a 5	Mole	65	51,6%
6 a 10	Média(o)	26	20,6%
11 a 19	Rija(o)	8	6,3%
20 a 30	Muito rija(o)	2	1,6%
> 30	Dura(o)	1	0,8%

Tabela 16 - Síntese dos resultados ensaios de penetração dinâmica executados na área de implantação do reservatório "Vilarinho 2" - Depósitos aluvionares/coluvionares

"Vilarinho 2" - Depósitos aluvionares/coluvionares			
N_{SPT}	Designação segundo NBR 6484:2020	Nº de ensaios	%
≤ 2	Muito mole	21	23,6%
3 a 5	Mole	43	48,3%
6 a 10	Média(o)	16	18,0%
11 a 19	Rija(o)	9	10,1%
20 a 30	Muito rija(o)	0	0,0%
> 30	Dura(o)	0	0,0%

Tabela 17 - Síntese dos resultados dos ensaios de penetração dinâmica (SPT) - Depósitos aluvionares/coluvionares

Depósitos aluvionares/coluvionares	"Nado 1"		"Vilarinho 2"		Total	
	N_{SPT}	N_{60}	N_{SPT}	N_{60}	N_{SPT}	N_{60}
Nº de ensaios	123	123	89	89	193	193
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	16	16,72	18	20	18	19,80
Média	4,8	4,2	5,4	5,0	4,9	4,6
Desvio padrão	3,0	2,6	3,8	3,9	3,2	3,3
COV	62%	61%	70%	77%	66%	71%

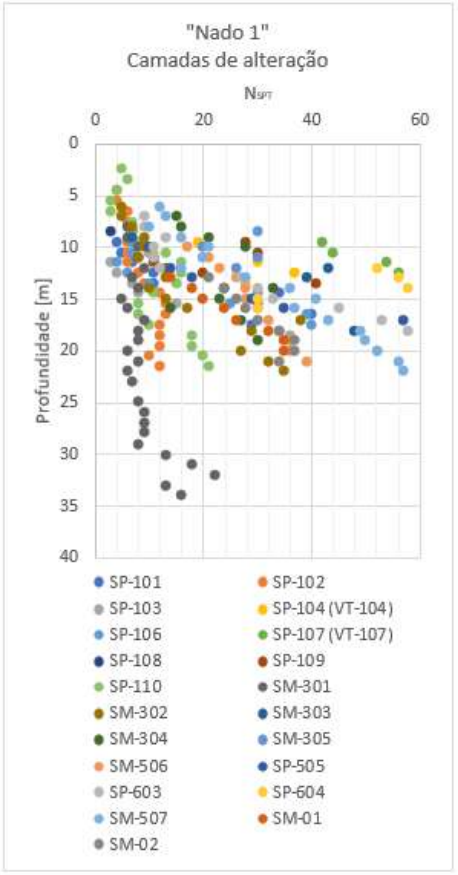


Figura 13 - Resultados dos ensaios de penetração dinâmica executados na área de implantação do reservatório "Nado 1" – Camadas de alteração (solos residuais e saprólitos)

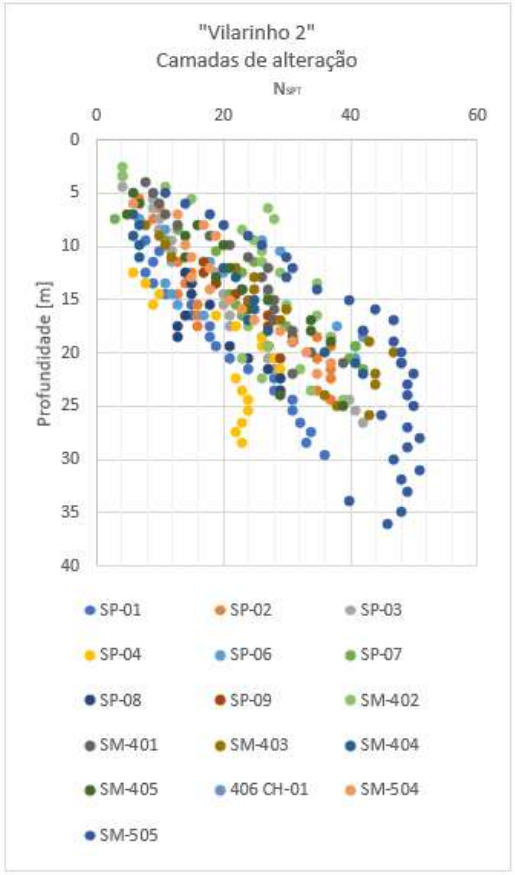


Figura 14 - Resultados dos ensaios de penetração dinâmica executados na área de implantação do reservatório "Vilarinho 2" - Camadas de alteração (solos residuais e saprólitos)

Tabela 19 - Síntese dos resultados ensaios de penetração dinâmica executados na área de implantação do reservatório "Nado 1" - Camadas de alteração (solos residuais e saprólitos)

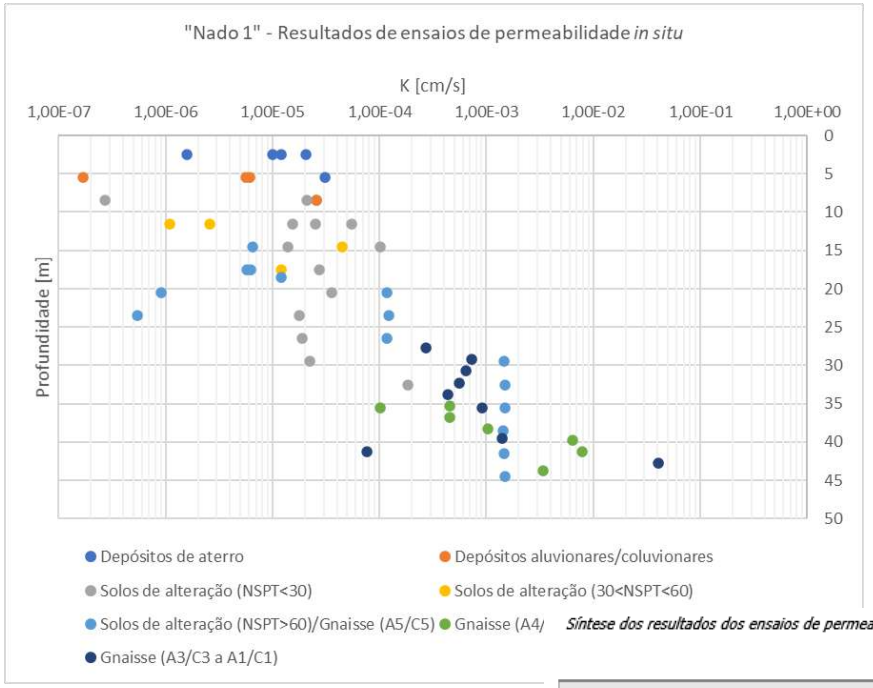
"Vilarinho 2" - Camadas de alteração (solos residuais e saprólitos)			
N_{SPT}	Designação segundo NBR 6484:2020	Nº de ensaios	%
≤ 2	Fofa(o)	6	2,0%
5 a 8	Pouco compacta(o)	19	6,3%
9 a 18	Medianamente compacta(o)	87	28,7%
19 a 40	Compacta(o)	152	50,2%
> 40	Muito compacta(o)	39	12,9%

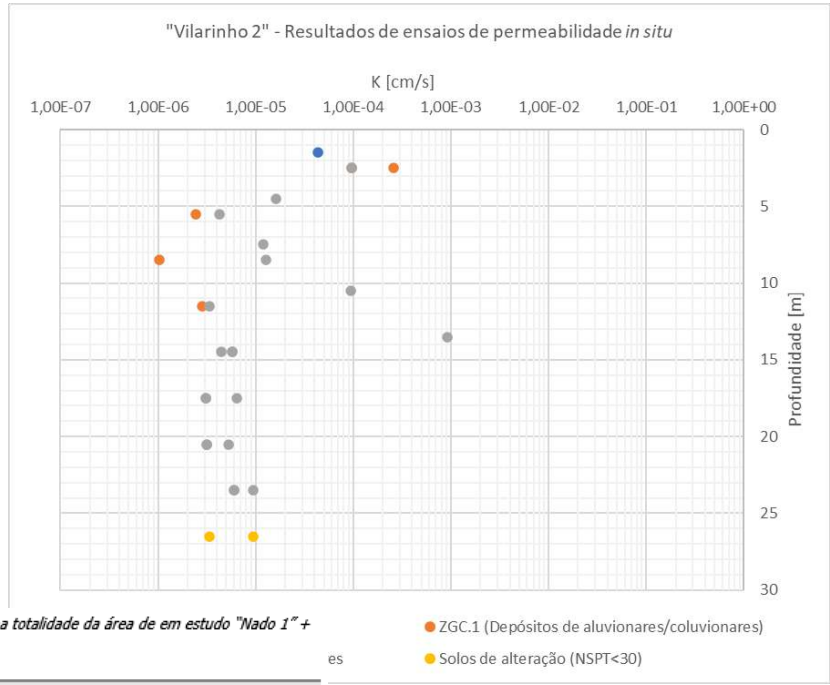
Tabela 20 - Síntese dos resultados dos ensaios de penetração dinâmica (SPT) - Camadas de alteração (solos residuais e saprólitos) com N_{SPT}≤30

Camadas de alteração (N_{SPT}≤30)	"Nado 1"			"Vilarinho 2"			Total		
	N_{SPT}	N_{60}	$(N_1)_{60}$	N_{SPT}	N_{60}	$(N_1)_{60}$	N_{SPT}	N_{60}	$(N_1)_{60}$
Nº de ensaios	170	170	170	219	219	219	379	379	85
Mínimo	0	2	1	3	3	3	0	2	1
Máximo	30	33,00	25,64	30	33	27	30	33,00	27
Média	14,1	14,8	9,2	18,1	19,6	11,7	16,2	17,6	10,6
Desvio padrão	8,4	9,0	5,5	7,4	8,3	4,4	8,1	9,0	5,0
COV	59%	61%	60%	41%	42%	38%	50%	51%	47%

Tabela 21 - Síntese dos resultados dos ensaios de penetração dinâmica (SPT) - Camadas de alteração (solos residuais e saprólitos) com 30<N_{SPT}<60

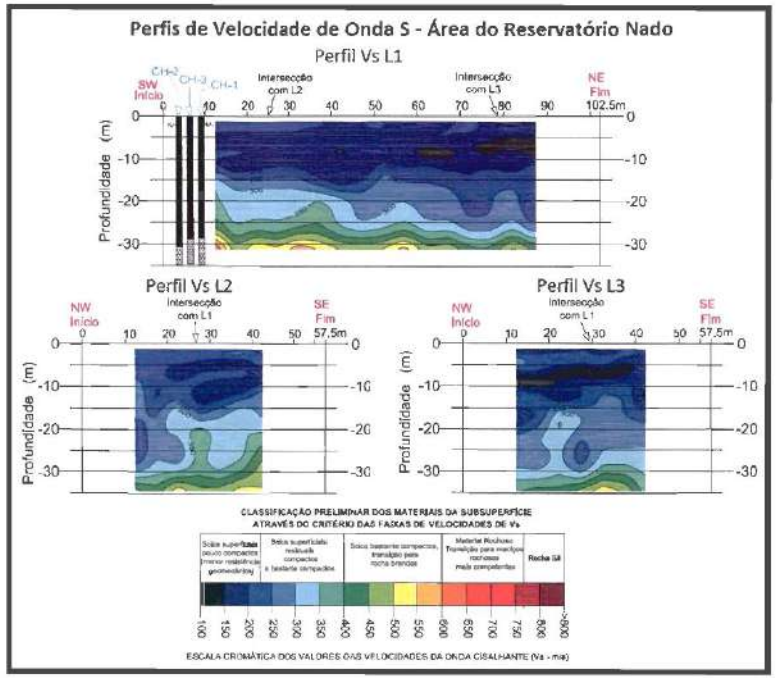
Camadas de alteração (30<N_{SPT}<60)	"Nado 1"			"Vilarinho 2"			Total		
	N_{SPT}	N_{60}	$(N_1)_{60}$	N_{SPT}	N_{60}	$(N_1)_{60}$	N_{SPT}	N_{60}	$(N_1)_{60}$
Nº de ensaios	50	50	50	84	84	84	127	127	53
Mínimo	32	35	15	31	34	12	31	34	12
Máximo	58	63,80	40,20	57	63	84	58	63,80	84
Média	42,2	47,6	25,8	40,2	44,2	23,8	41,3	45,4	24,4
D. Padrão	8,4	9,3	6,5	6,1	6,7	15,8	7,3	8,0	7,1
COV	20%	20%	25%	15%	15%	66%	18%	18%	29%





Síntese dos resultados dos ensaios de permeabilidade in situ executados na totalidade da área de em estudo "Nado 1" + "Vilarinho 2"

Ensaios de permeabilidade *in situ* executados na totalidade da área em estudo "Nado 1" + "Vilarinho 2"								
	Depósitos de aterro	Depósitos aluvionares/ coluvionares	Solos de alteração (N_{SPT}<30)	Solos de alteração (30<N_{SPT}<60)	Solos de alteração (N_{SPT}>60)/ Gnaisse (A5/C5)	Gnaisse (A4/C4)	Gnaisse (A3/C3 a A1/C1)	
Nº de ensaios	6	9	17	8	15	7	5	[un.]
Mínimo	1,59E-06	1,70E-07	2,69E-07	1,02E-06	5,42E-07	1,01E-04	7,56E-05	[cm/s]
Máximo	4,30E-05	2,60E-04	1,83E-04	2,60E-04	1,50E-03	7,80E-03	4,02E-02	[cm/s]
Média	1,96E-05	3,66E-05	3,28E-05	4,08E-05	6,13E-04	2,81E-03	5,03E-03	[cm/s]
D. Padrão	1,38E-05	7,95E-05	4,44E-05	8,40E-05	7,00E-04	2,93E-03	1,24E-02	[-]
COV	70%	217%	136%	206%	114%	104%	248%	[-]



Classe de solo	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$V_{s,30}$ [m/s]	N_{SPT}	S_u [kPa]
A	Rocha ou formação geológica rochosa, que inclua, no máximo 5m de material mais fraco à superfície	> 800	-	-
B	Depósitos de areia muito densa, cascalho ou argila muito rija com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas em profundidade	360 – 800	> 50	> 250
C	Depósitos profundos de areia de densidade média a elevada, de cascalho ou de argila dura, com espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Depósitos soltos de solos não coesivos (com ou sem ocorrência de algumas camadas coesivas brandas), ou de solos coesivos predominantemente de fraca a média consistência	< 180	< 15	< 70
E	Perfil de solo com um nível aluvionar superficial com V_S< 360 m/s e espessura variando entre 5 e 20 m, sobrejacente a um nível mais rígido (com V_S > 800m/s)	< 360		
S_1	Depósitos consistindo ou contendo uma camada com pelo menos 10m de espessura – de argilas ou siltes brandos com elevado índice de plasticidade (IP > 40%) e elevado teor em água	< 100 (indicativo)	-	10 – 20
S_2	Depósitos de solos com potencial de liquefação, ou argilas sensíveis, ou outros perfis não incluídos nos tipos anteriores			

Terrenos tipo definidos no Eurocódigo 8, tendo por base a velocidade de propagação das ondas de cisalhamento (EN 1998-1, 2004)

Estimativa do ângulo de atrito interno das zonas geotécnicas ZGB1, ZGB2 e ZGB3

			ZGB.3	ZGB.2	ZGB.1
		$[(N_1)_{60}]$ Médio	10,6	24,4	60,0
Referência	Correlação				
(4)	Kulhawy & Mayne (1990)	$\varphi' = 54 - 27.6034e^{-0.014}(N_1)_{60}$	30,2	34,4	42,1
(2)	Hutanaka & Uchida (1996)	$\varphi' = 20 + \sqrt{15.4(N_1)_{60}}$	32,8	39,4	50,4
(2)	Wolff (1989)	$\varphi' = 27{,}1 - 0.3(N_1)_{60} - 0.00053(N_1)_{60}{}^2$	30,2	34,1	43,2
(2)	Teixeira (1996)	$\varphi' = 15 + \sqrt{24(N_1)_{60}}$	31,0	39,2	52,9
		Mínimo	30,2	34,1	42,1
		Máximo	32,8	39,4	52,9
		Média	31,0	36,8	47,2
		Desvio P.	1,1	2,5	4,6
		COV	3%	7%	10%

Correlação entre a compacidade (I_D), número de golpes do ensaio SPT normalizado, $(N_1)_{60}$, o ângulo de atrito interno (φ') e o módulo de elasticidade (E) (adaptado do Eurocódigo 7)

	Muito solta	Solta	Medianamente densa	Densa	Muito densa
I_D [%]	0 - 15	15 -35	35 - 65	65 - 85	85 - 100
$(N_1)_{60}$	0 - 3	3 - 8	8 - 25	25 - 42	42 - 58
E [MPa]	10	15	25	45	75
ϕ' [°]	30	33	36	39	41

Para areias finas, os valores de $(N_1)_{60}$ devem ser reduzidos por 55/60;
Para areias grosseiras, os valores de $(N_1)_{60}$ devem ser aumentados de 65/60;
Para areias siltosas os valores de ϕ' devem ser reduzidos em 3º.
Para cascalhos os valores de ϕ' devem ser aumentados em 2º.

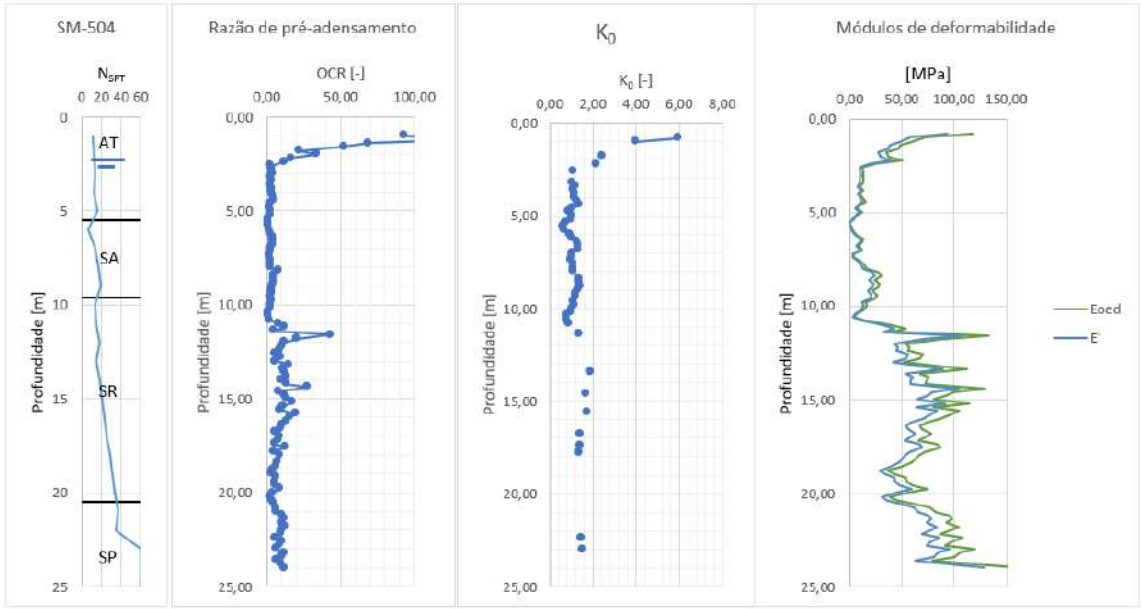
$$E = E_i \left(0{,}02 + \frac{1 + D/2}{1 + e^{(60+15D-GSI)/11}} + s \right)$$

	ZGA.2	ZGA.1	
E	2753	5979	[MPa]

$$G_0 = \rho \cdot V_s^2$$

I.D.	Descrição	ρ [kg/m³]	Vs [m/s]	G_0 [MPa]
ZGC.2	Depósitos de aterro	1,7	211	76
ZGC.1	Depósitos aluvionares/coluvionares	1,6	228	83
ZGB.3	Solos de alteração (N_{SPT}<30)	1,8	279	140
ZGB.2	Solos de alteração (30<N_{SPT}<60)	2,0	579	670
ZGB.1	Solos de alteração (N_{SPT}>60) / Gnaisse (A5/C5)	2,1	597	748

Ensaio DMT – Dilatômetro Marchetti



AT: Aterro; SC: Solo coluvionar; SR: Solo residual; SP: Saprólito

Perfil estratigráfico e resultado dos ensaios de penetração dinâmica (SPT) da sondagem SM-504 e correlações obtidas para o ensaio in situ DMT-504 ("Vilarinho 2")

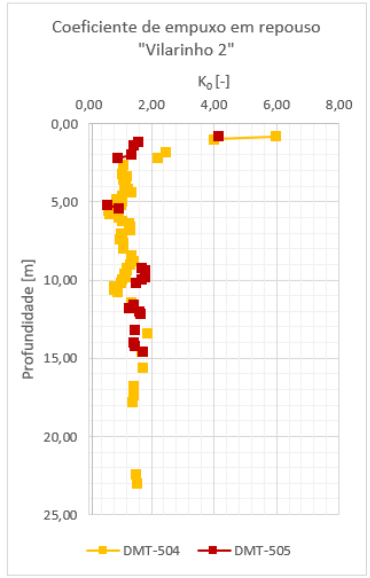


Figura 20 – Valores do coeficiente de empuxo em repouso estimados nos ensaios DMT-504 e DMT-505 executados na área de implantação do reservatório "Vilarinho 2"

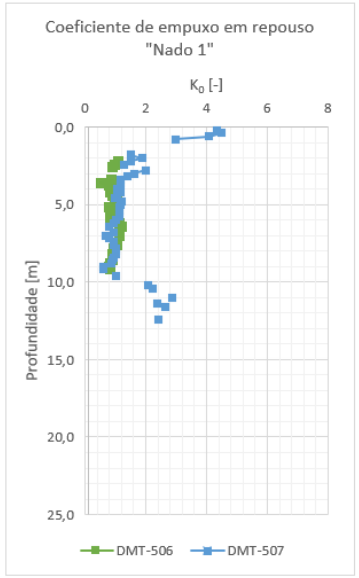


Figura 21 – Valores do coeficiente de empuxo em repouso estimados nos ensaios DMT-506 e DMT-507 executados na área de implantação do reservatório "Nado 1"

Parâmetros intermediários - Ensaios *in situ* de dilatômetro de Marchetti		
Índice	**Expressão de cálculo**	**Aplicação**
I_D – Índice de material	$I_D = \frac{P_1 - P_0}{P_0 - u_0}$	Indicador do tipo de solo, servindo de referência à faixa de aplicabilidade de correlações empíricas
E_D – Módulo dilatométrico	$E_D = 34{,}7(P_1 - P_0)$	Determinação do módulo de elasticidade do solo
K_D – Índice de tensão horizontal	$K_D = \frac{P_1 - P_0}{\sigma'_{v0}}$	Avaliação do estado de tensão do solo em repouso e do histórico de tensões

Ensaio PMT – Pressiômetro Menard

Parâmetro α para a obtenção de E' (adaptado de (4))

Tipo de solo	Turfa		Argila		Silte		Areia		Areia e seixo	
	E_M/pl^*	α	E_M/pl^*	α	E_M/pl^*	α	E_M/pl^*	α	E_M/pl^*	α
Pré-adensado	-	1,0	>16	1,0	>14	2/3	>12	1/2	>10	1/3
Normalmente adensado	-	1,0	9-16	2/3	8-14	1/2	7-12	1/3	6-10	1/4
Remexido	-	1,0	7-9	1/2	-	1/2	-	1/3	-	1/4

Rocha			
	Extrema/. fraturada α = 1/3	Outras α = 1/2	Ligeira/. Fraturada ou Extrema/. alterada α = 2/3

Ensaio PMT – Pressiômetro Menard

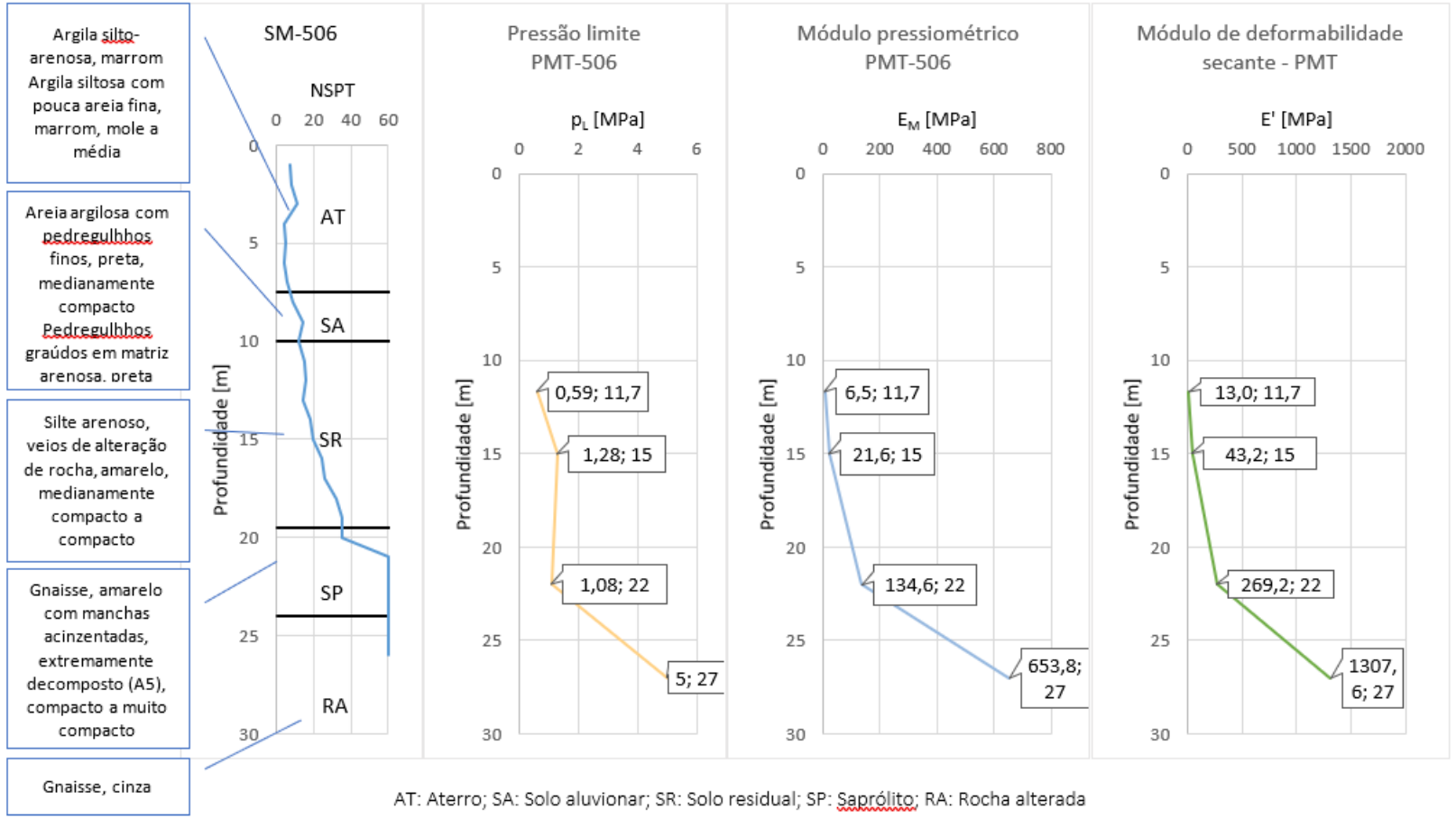


Figura 26 - Perfil estratigráfico e resultado dos ensaios de penetração dinâmica (SPT) da sondagem SM-506 e resultados do ensaio in situ PMT-506 ("Nado 1")

As características mecânicas das camadas foram estimadas essencialmente a partir da observação dos boletins de sondagem e respectivas fotografias, bem como dos resultados dos ensaios *in situ*, dos testemunhos das sondagens e da sua classificação em termos de estados de alteração, espaçamento da fraturação, das percentagens de recuperação e RQD.

Os ensaios *in situ* de pressiômetro de Ménard (PMT) e dilatômetro de Marchetti (DMT), permitiram a determinação dos módulos de deformabilidade das zonas geotécnicas ZGC (depósitos de material recente) e ZGB (solos resultantes da alteração do maciço de gnaisse), bem como a estimativa do respectivo estado de tensão geostático *in situ*.

Tabela 9 - Tabela síntese de parametrização geomecânica para solos

					Envoltória de ruptura				Deformabilidade					Estado de tensão *in situ*		Parâmetros hidráulicos	
					Mohr-Coulomb		Tresca		Grandes deformações			Muito pequenas deformações					
I.D.	Descrição	Litologia	γ_{dry} [kN/m³]	γ_{sat} [kN/m³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	S_u [kPa]	$S_{u,c}$ [kPa]	E' [MPa]	E_{oed} [MPa]	υ [-]	Vs [m/s]	G_0 [MPa]	K_0 [-]	OCR [-]	kx [cm/s]	ky [cm/s]
ZGC.2	Depósitos de aterro	Argilas areno-siltosas por vezes com fragmentos líticos	17	18	27	0	37,6	-	14	17,5	0,20	211	76	1	-	$1,96x10^{-5}$	$9,82 x10^{-6}$
ZGC.1	Depósitos aluvionares/coluvionares	Argilas, por vezes com matéria orgânica, argilas arenosas, argilas siltosas, siltes arenosos, siltes argilo-arenosos e areias	16	17	30	0	60	25	12,5	15,6	0,30	228	83	1	2 a 3	$3,66 x10^{-5}$	$1,83 x10^{-5}$
ZGB.3	Solos de alteração (N<30)	Siltes arenosos, siltes argilosos e areias com argila e silte	18	19	31	0	-	-	54	70,9	0,30	279	140	0,48	-	$3,28 x10^{-5}$	$3,28 x10^{-5}$
ZGB.2	Solos de alteração (30<N<60)	Siltes arenosos e siltes arenosos com argila	20	21	34	0	-	-	96	120	0,30	579	670	0,44	-	$4,08 x10^{-5}$	$4,08 x10^{-5}$
ZGB.1	Solos de alteração (N>60) / Gnaisse (A5/C5)	siltes arenosos, areias siltosas e areias médias a grossas	21	22	39	0	-	-	1056	-	0,30	597	748	0,37	-	$6,13 x10^{-4}$	$6,13 x10^{-4}$

Tabela 10 - Tabela síntese de parametrização geomecânica para rochas

					Envoltória de ruptura									Deformabilidade			Estado de tensão *in situ*	Parâmetros hidráulicos	
					Hoek-Brown							Mohr-Coulomb							
I.D.	Descrição	Litologia	γ_{dry} [kN/m³]	γ_{sat} [kN/m³]	σ_{ci} [Mpa]	GSI [-]	m [-]	D [-]	m_b [-]	s [-]	a [-]	ϕ' [°]	c' [kPa]	E_i [MPa]	E' [MPa]	υ [-]	K_0 [-]	kx [cm/s]	ky [cm/s]
ZGA.2	Gnaisse (A4/C4)	Maciço rochoso muito alterado	24	25	160	25	28	0	1,923	0,00024	0,53127	63,6	345	42000	2753	0,22	0,28	$2,81 x10^{-3}$	$2,81 x10^{-3}$
ZGA.1	Gnaisse (A3/C3) a (A1/C1)	Maciço rochoso são a moderadamente alterado	26	27	160	37	28	0	2,951	0,00091	0,51393	66,5	518	42000	5979	0,22	0,28	$5,03 x10^{-3}$	$5,03 x10^{-3}$

1. BIBLIOGRAFIA E REFERÊNCIAS

1. **Brandalise, Luíz Alberto.** Folha SE.23-Z-C-VI. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100 000. *Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Belo Horizonte.* Brasília : s.n., 1999.

2. **Schnaid, Fernando e Odebrecht, Edgar.** *Ensaios de campo e suas aplicações à engenharia de fundações, 2ª edição.* São Paulo : Oficina de textos, 2012. ISBN: 978-85-7975-059-5.

3. **Bell, F. G.** *Engineering Geology, 2nd edition.* Oxford, UK : Elsevier, 2007. ISBN: 978-0-7506-8077-6.

4. **Kulhawy, F H, and Mayne.** *Manual on estimating soil properties for foundation design.* Ithaca, Nova Iorque : s.n., 1990.

5. **Varghese, P. C.** *Foundation Engineering.* New Delhi : Asoke K. Ghosh, PHI Learning Private Limited, 2012. ISBN-978-81-203-2652-1.

6. **Briaud, Jean Louis.** *Geotechnical Engineering: Unsaturated and Saturated Soils.* Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, 2013. ISBN: 978-0-470-94856-9.

7. **Hoek, Evert et al.** Hoek-Brown Failure Criterion – 2002 EDITION. 2002.

8. **Marinos, P and Hoek, E.** GSI – A geologically friendly tool for rock mass strength estimation. *Proc. GeoEng2000 Conference, Melbourne.* 2000.

9. **Hoek, E. e Diederichs, M.S.** Empirical estimation of rock mass modulus. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences.* 2005, Vol. 43.

10. **Schnaid, Fernando.** *In Situ Testing in Geomechanics: The Main Tests.* New York : Taylor & Francis, 2009.

11. ***NP EN 1997-1, Eurocódigo 7 – Projeto geotécnico – Parte 1: Regras gerais.*** **2016.**

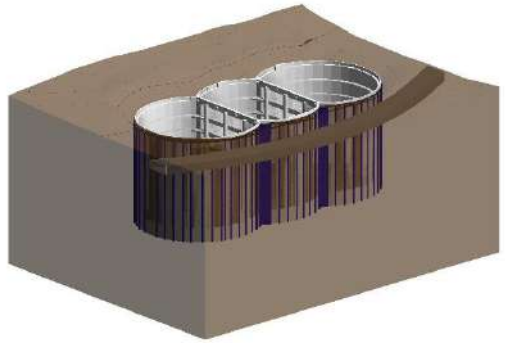
12. ***NP EN 1998-1, Eurocódigo 8 – Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios.*** **2011.**

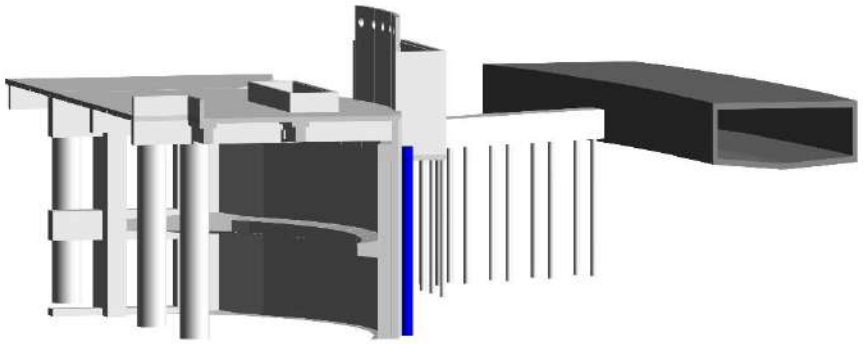
13. ***NBR 6484, Solo - Sondagens de simples reconhecimento com SPT - Método de ensaio.*** **2001.**

14. ***ISO 22476-3:2005, Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 3: Standard penetration test.*** **2005.**

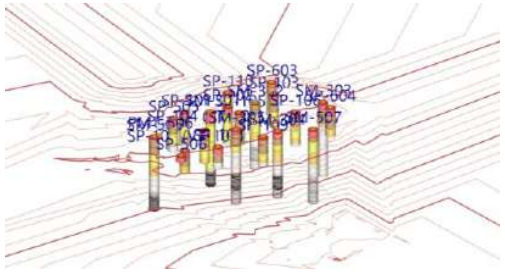
ÍNDICE

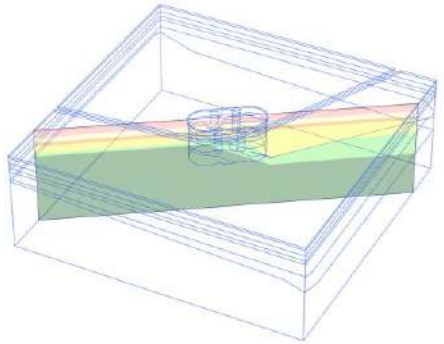
- PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- MODELAGEM NUMÉRICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

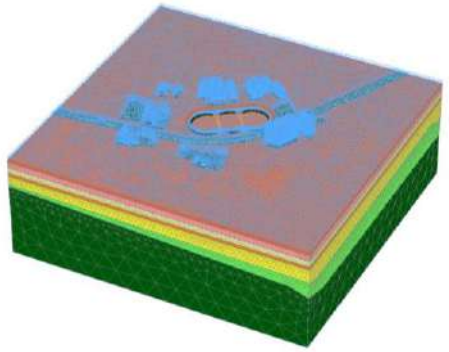




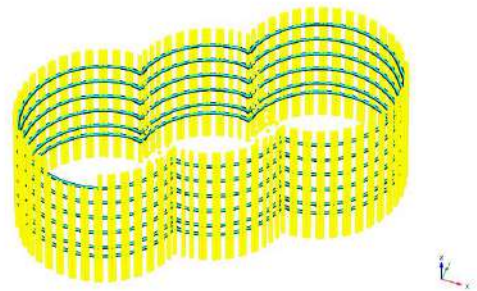
PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA | **UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM** | MODELAGEM NUMÉRICA | CONSIDERAÇÕES FINAIS







1. **Importação de superficies criadas em um modelo de estratigrafia geológica (GEO5®) para o Autocad®**
2. Importação da nuvem de pontos para o software de elementos finitos dedicdo à geotecnia (PLAXIS 3D®) de modo a criar superficies parametrizadas
3. Modelagem da geometria do reservatório
4. Modelagem das estruturas adjcentes mais relevantes
5. Geração da malha de elementos finitos
6. Análise e compartimentação geológica do modelo final

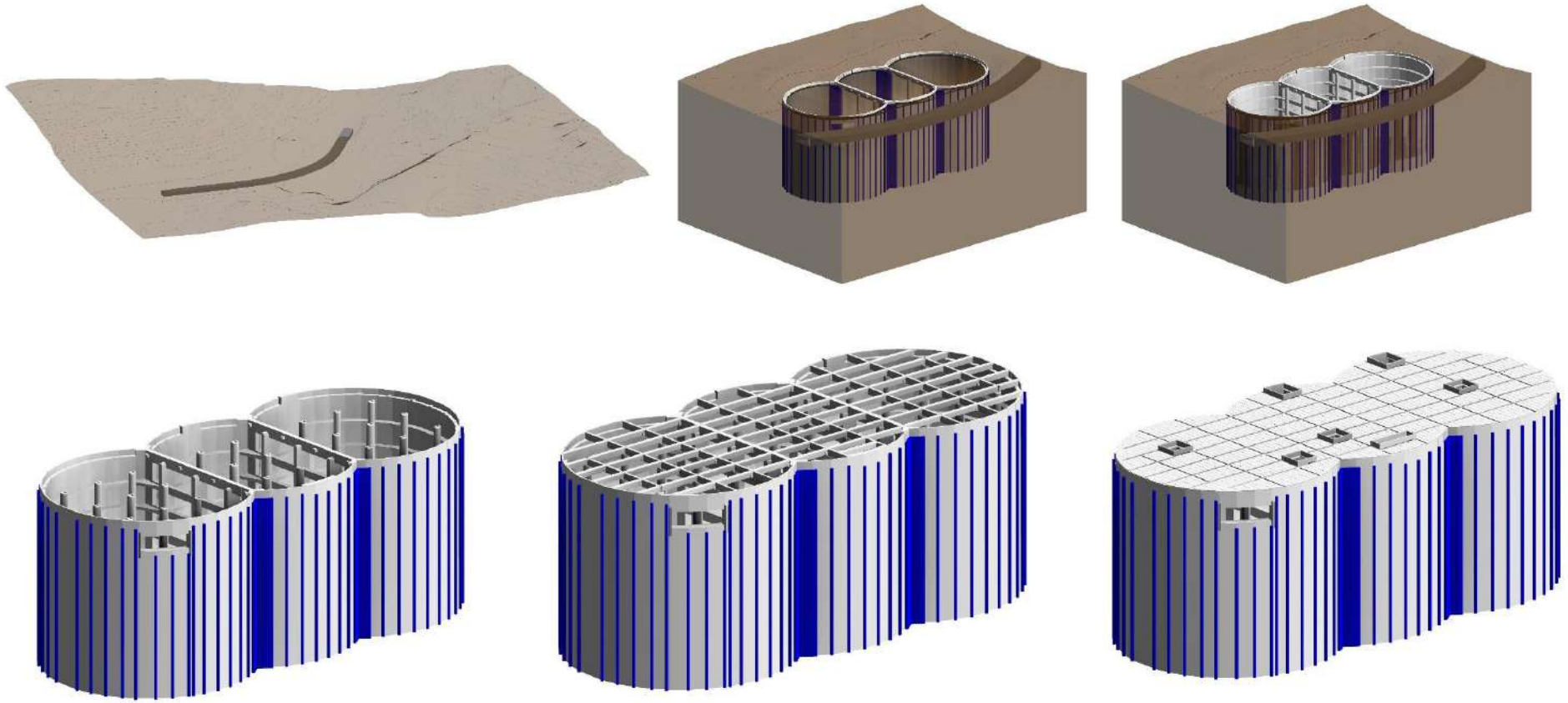


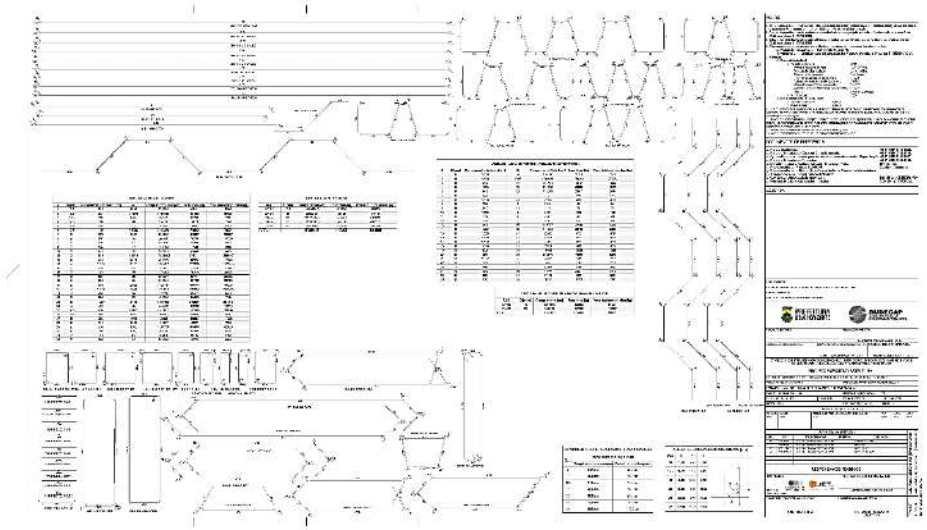
2D Estudos preliminares

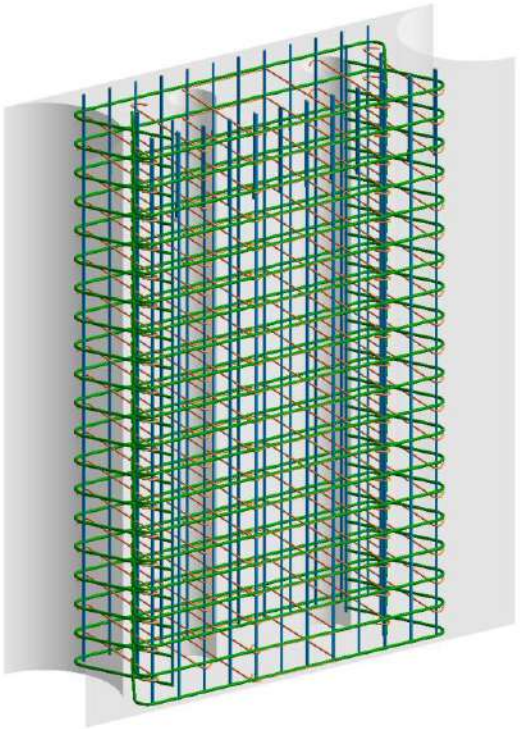
- AutoCAD (plantas, vistas e seções)

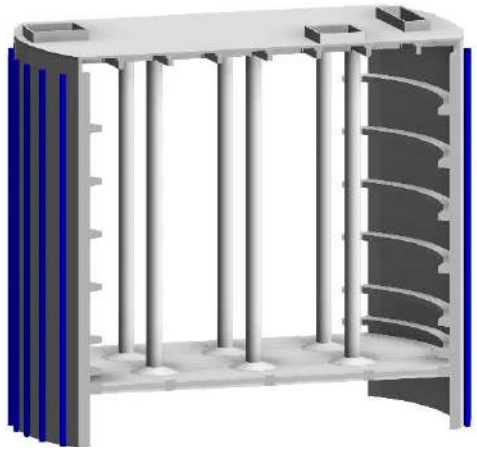
BIM Projeto executivo

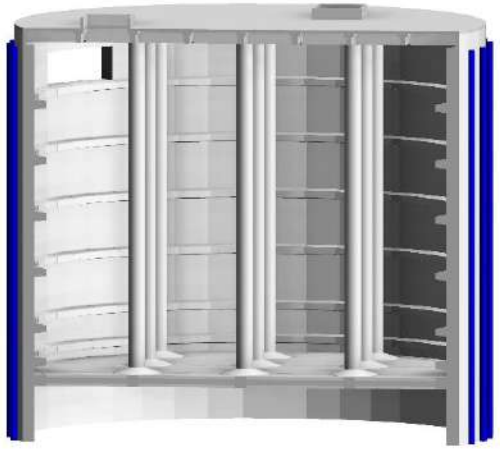
- 3D Modelagem geométrica com base em Revit
- Armação e detalhe de armaduras em Revit (Paredes diafragma) e Tekla (Restantes elementos estruturais)
- Civil 3D Topografia importação - Autodesk Docs
- GEO 5 Compartimentação geológica - Arquivos IFC
- Quantitativo gerado automaticamente a partir da parametrização das diferentes familias de elementos (concreto, armação e formas)
- Verificação de interseções e conflito entre diferentes elementos estruturais e de barras em zonas fortemente armadas

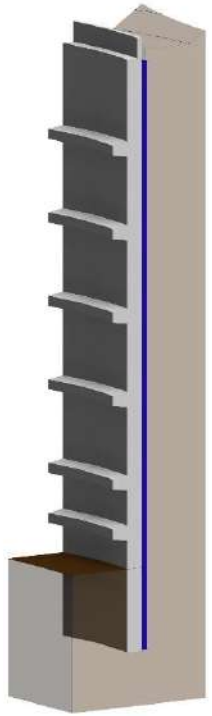




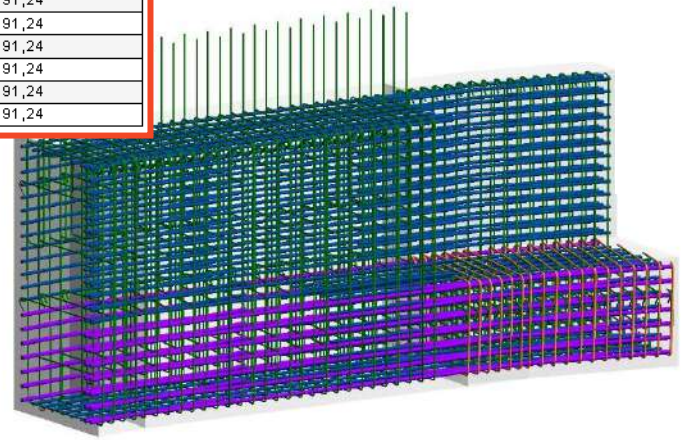








ANEIS - FORMA E CONCRETO					
REFERÊNCIA	COTA TOPO	COTA BASE	COMPRIMENTO TOTAL [cm]	AREA FORMA [m2]	VOLUME CONCRETO[m3]
NIVEL 1	751,60	750,70	27414	718,24	191,24
NIVEL 2	746,60	745,70	27414	718,24	191,24
NIVEL 3	741,60	740,70	27414	718,24	191,24
NIVEL 4	736,60	735,70	27414	718,24	191,24
NIVEL 5	731,60	730,70	27414	718,24	191,24
NIVEL 6	728,60	727,70	27414	718,24	191,24



ESTRONCAS - FORMA E CONCRETO					
TIPO	COTA TOPO	COTA BASE	COMPRIMENTO TOTAL [cm]	AREA FORMA [m2]	VOLUME CONCRETO [m3]
EST.1 100x150	751,90	750,40	2634	96,35	35,01
EST.2 100x150	746,90	745,40	2634	96,35	35,01
EST.3 100x180	742,05	740,25	2634	110,35	42,01
EST.4 100x180	737,05	735,25	2634	110,35	42,01
EST.5 100x150	731,90	730,40	2634	96,35	35,01
EST.6 100x150	751,90	750,40	2634	96,35	35,01
EST.7 100x150	746,90	745,40	2634	96,35	35,01
EST.8 100x180	742,05	740,25	2634	110,35	42,01
EST.9 100x180	737,05	735,25	2634	110,35	42,01
EST.10 100x150	731,90	730,40	2634	96,35	35,01
EST.11 100x150	728,90	727,40	2634	96,35	35,01
EST.12 100x150	728,90	727,40	2634	96,35	35,01

OTIMIZAÇÃO DO SISTEMA DE MACRODRENAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DOS CÓRREGOS VILARINHO E NADO E RIBEIRÃO ISIDORO - INTERVENÇÕES PARA O TEMPO RETORNO (TR) DE 10 ANOS

PREFEITURA BELO HORIZONTE

SUDECAP SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL

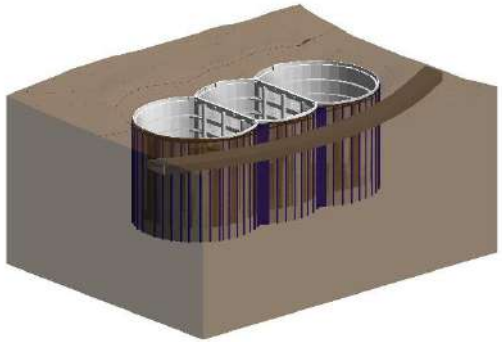
Consórcio CME

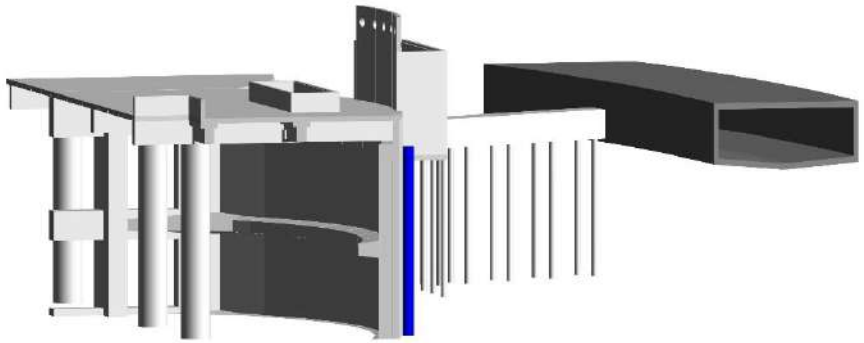
JET SJ

ESQUISSO VDC PROJECTS & MODELLING

ÍNDICE

- PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- **MODELAGEM NUMÉRICA**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS





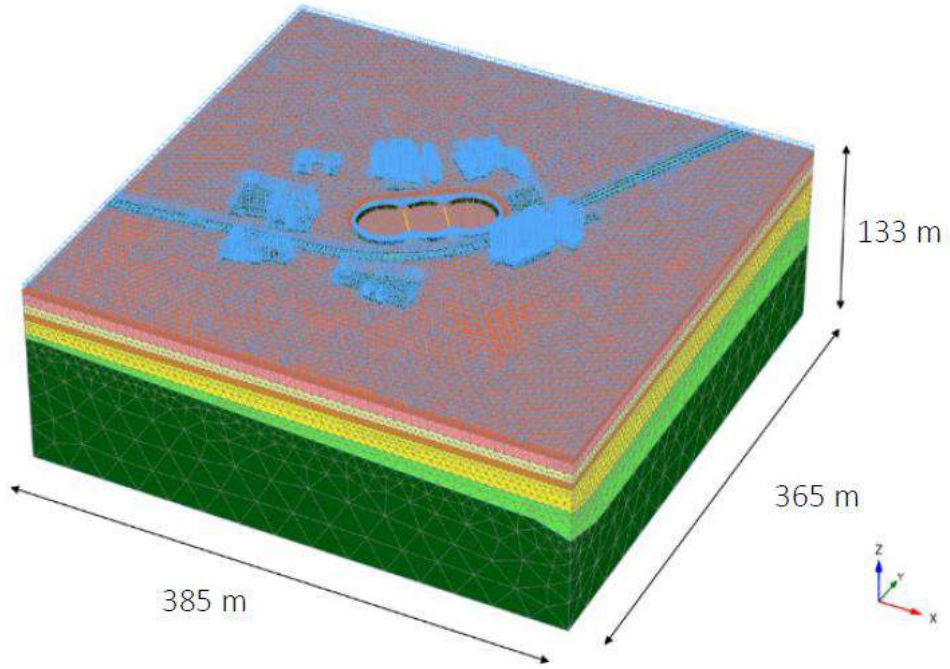


Figura 11 - Geometria e malha de elementos finitos do modelo tridimensional de cálculo (PLAXIS 3D)

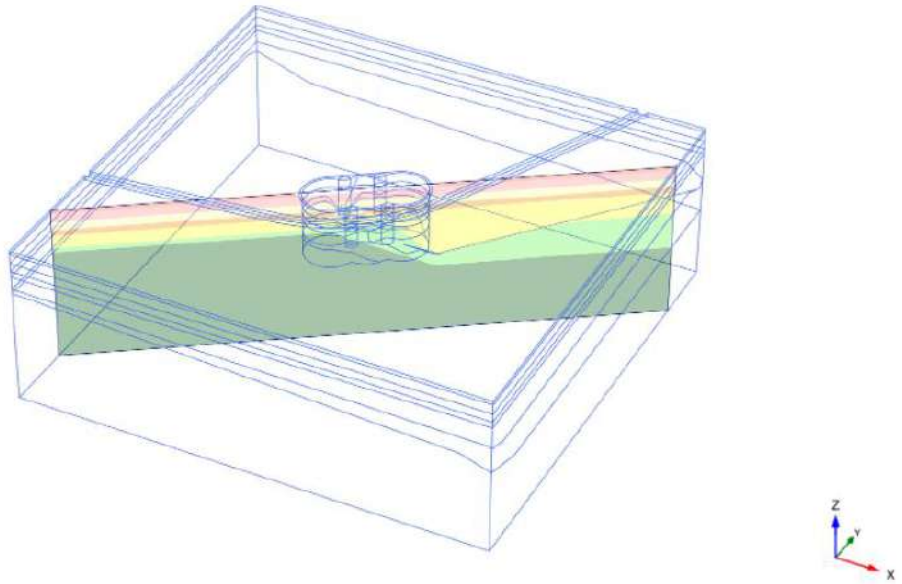


Figura 12 - Geometria do modelo tridimensional de cálculo (PLAXIS 3D) - Secção longitudinal ao desenvolvimento do reservatório

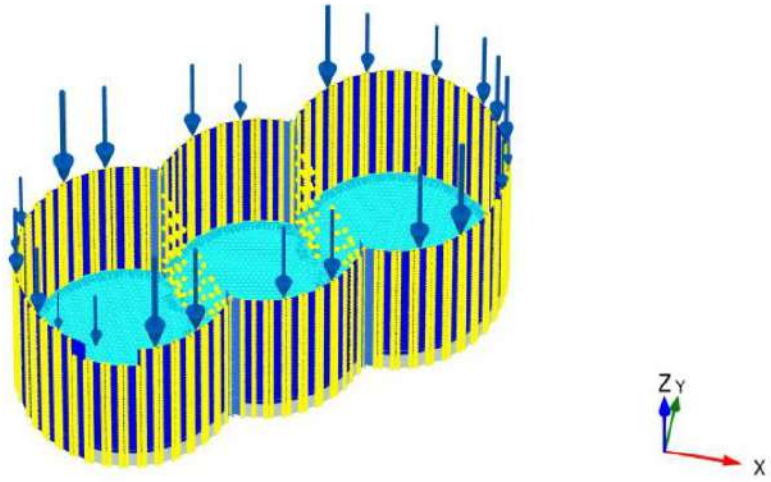


Figura 13 - Geometria do modelo tridimensional de cálculo (PLAXIS 3D) – Elementos estruturais: parede de contenção, anéis, pórticos e laje de fundo

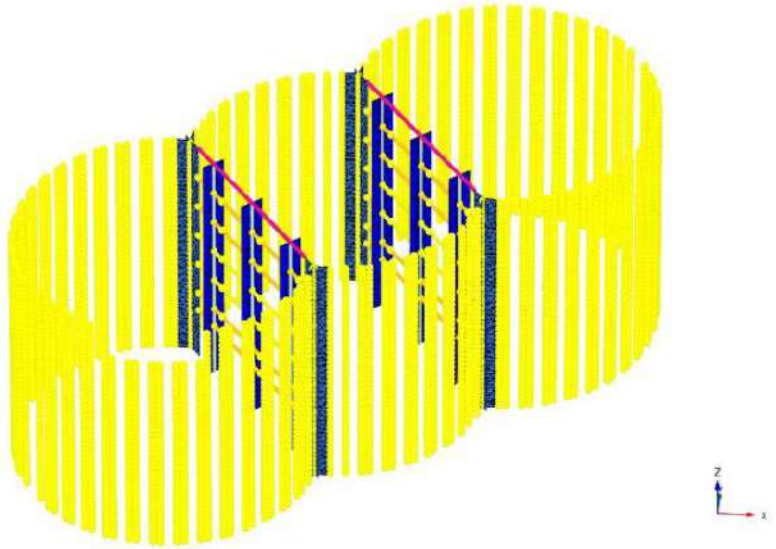
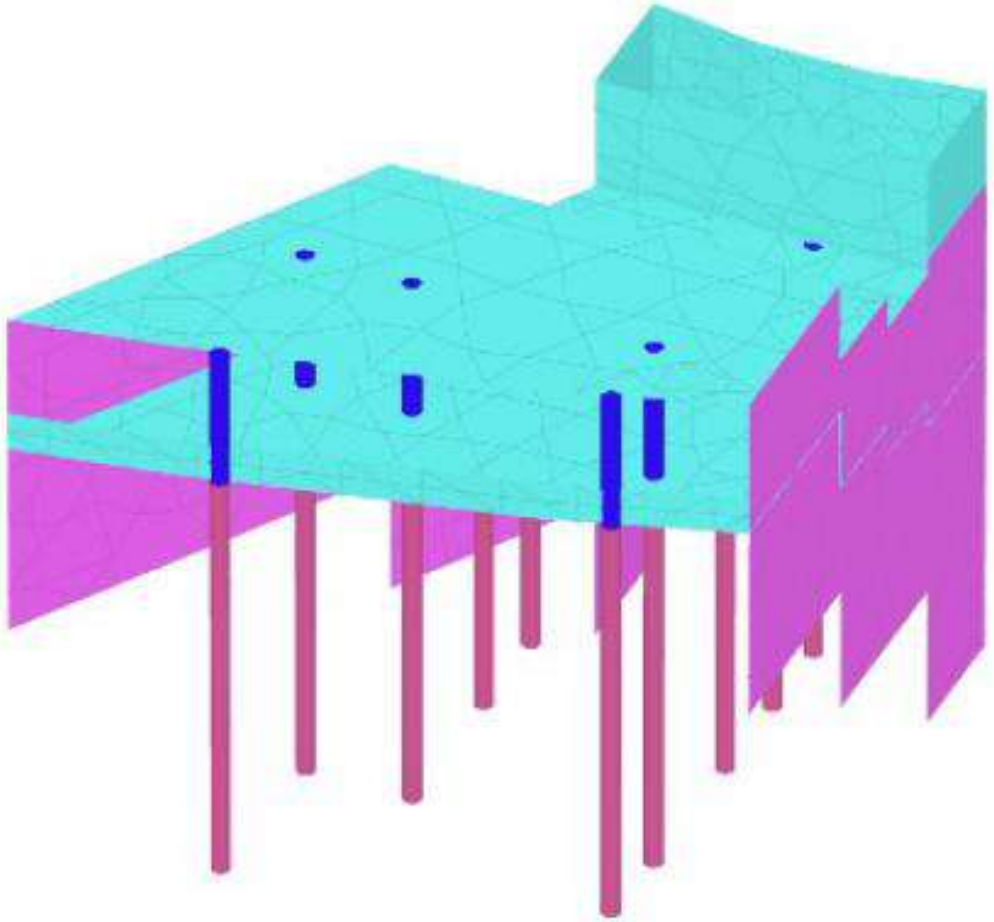
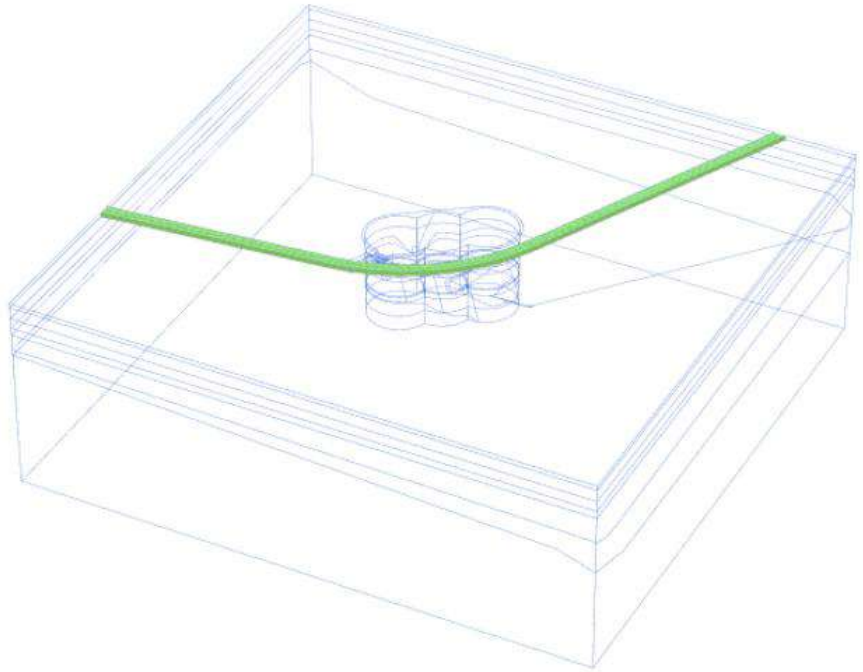


Figura 15 - Geometria do modelo tridimensional de cálculo (PLAXIS 3D) – Pórticos de travamento: estroncas e pilares (elementos do tipo "Beam" e do tipo "Plate")




Z
Y
X

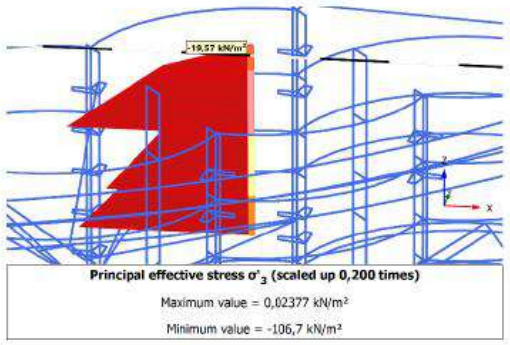


Figura 18 - Tensão mínima principal a meio da camada, na fase inicial de cálculo (Geração do estado de tensão inicial) – ZGC1 (PLAXIS 3D)

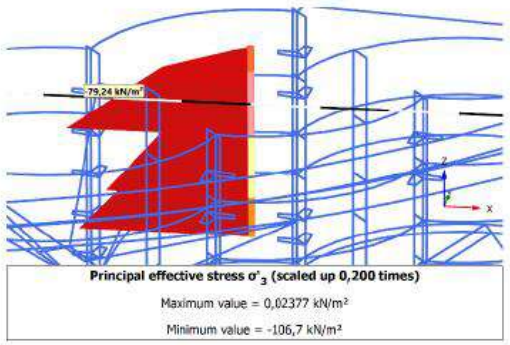


Figura 19 - Tensão mínima principal a meio da camada, na fase inicial de cálculo (Geração do estado de tensão inicial) – ZGC2 (PLAXIS 3D)

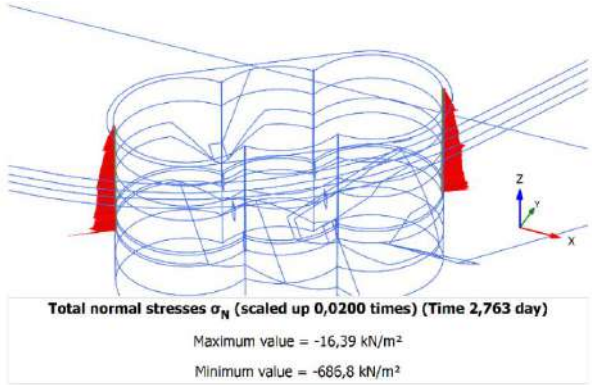


Figura 25 - Estimativa de empuxos nos painéis de fecho das células sul e norte (PLAXIS 3D)

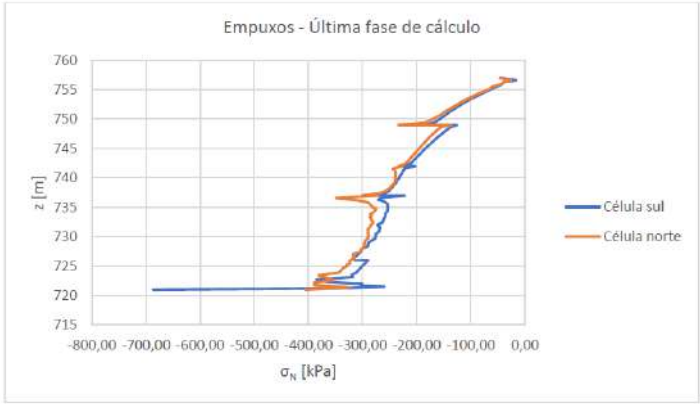


Figura 26 - Estimativa de empuxos nos painéis de fecho das células sul e norte (PLAXIS 3D)

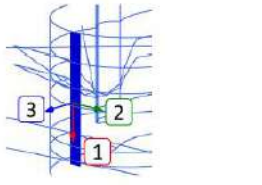


Figura 27 - Sistema de eixos local dos elementos do tipo "Plate" - Lamelas (Plaxis 3D)

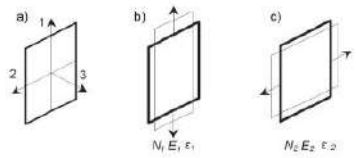


Figura 28 - Esforços axiais positivos em elementos do tipo "Plate". a) Direções dos eixos locais; b) Esforço axial N1; c) Esforço axial N2.

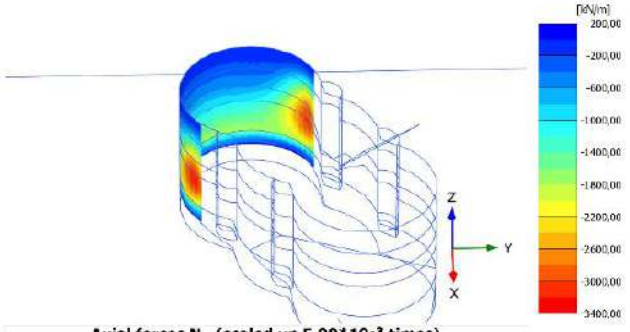
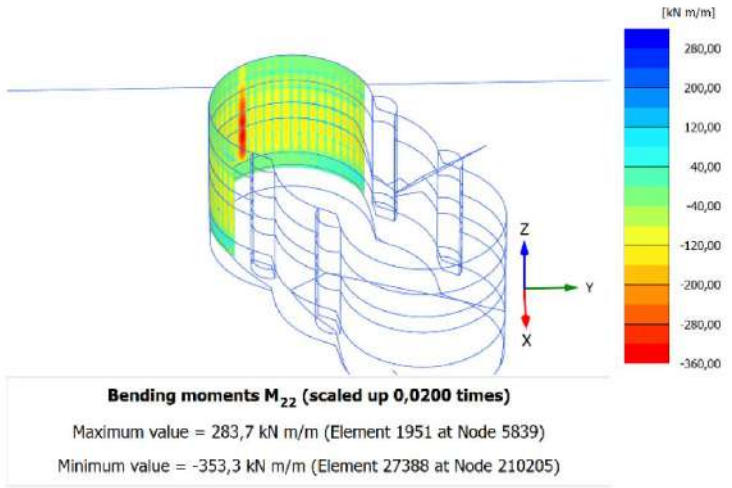


Figura 32 - Esforço axial N1 (PLAXIS 3D) – Lamelas – Célula Sul –



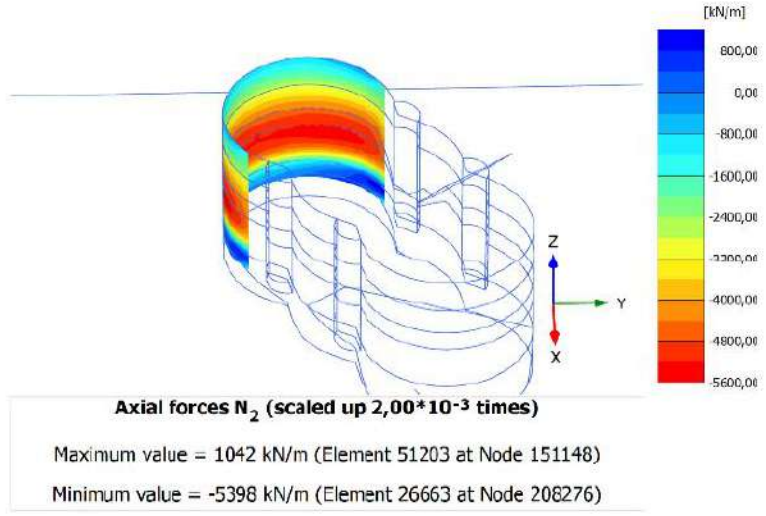


Figura 34 - Esforço axial N2 (PLAXIS 3D) – Lamelas – Célula Sul – Última fase de escavação (2/2)

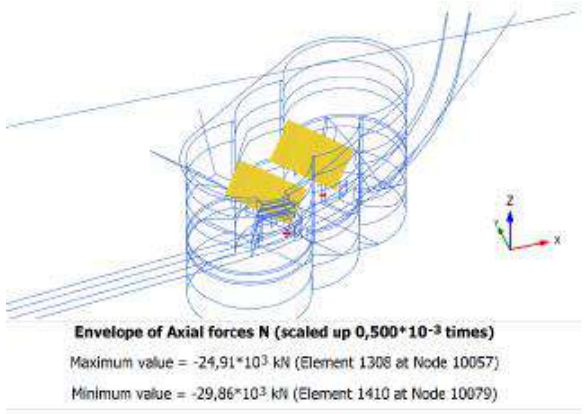


Figura 224 - Envelope de esforço axial – Estroncas - 4º nível (PLAXIS 3D)

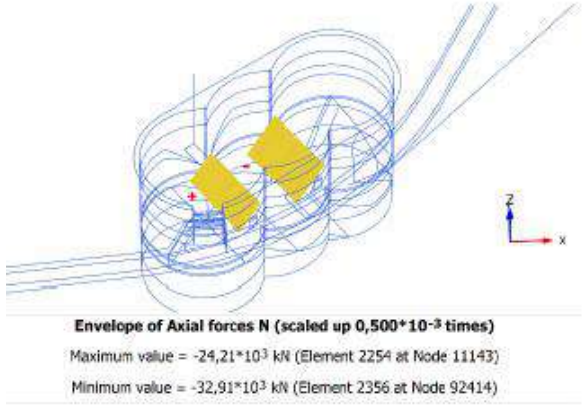


Figura 225 - Envelope de esforço axial – Estroncas - 5º nível (PLAXIS 3D)

3200 Toneladas !!!

Equivale a 640 ELEFANTES

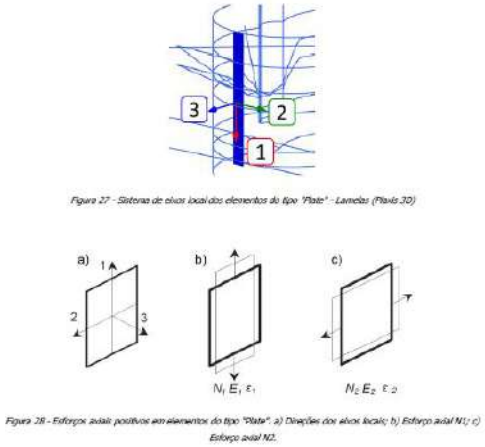


Figura 27 - Sistema de eixos locais dos elementos do tipo "Plate" - Lamelas (Plaxis 3D)

Figura 28 - Esforços axiais positivos em elementos do tipo "Plate". a) Direções dos eixos locais; b) Esforço axial N1; c) Esforço axial N2.

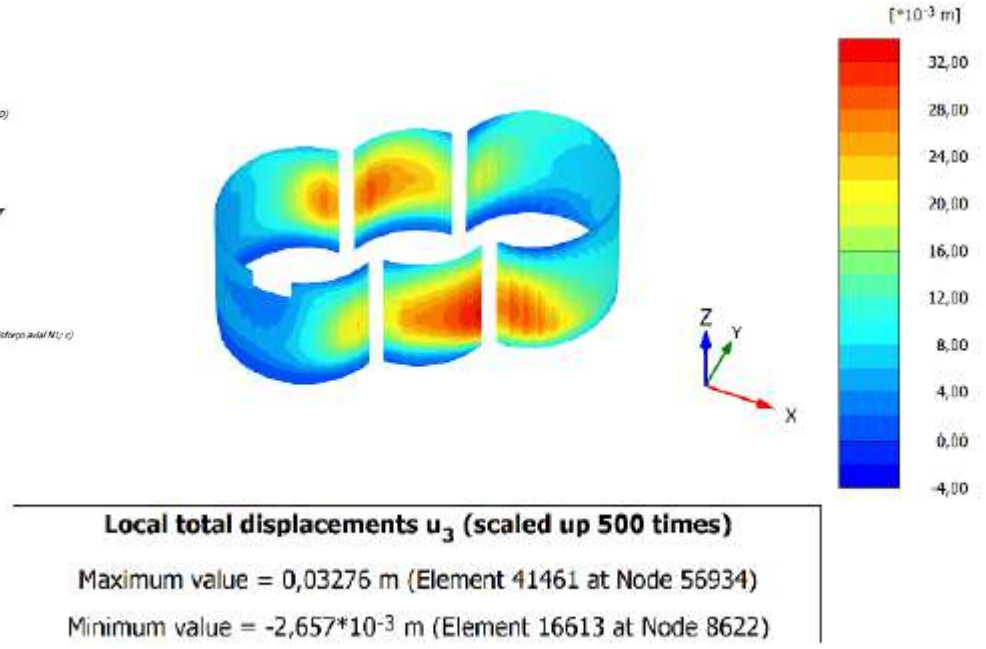


Figura 152 – Deslocamentos normais ao plano da parede de contenção, u_3 (PLAXIS 3D) – Lamelas – Fase final de escavação

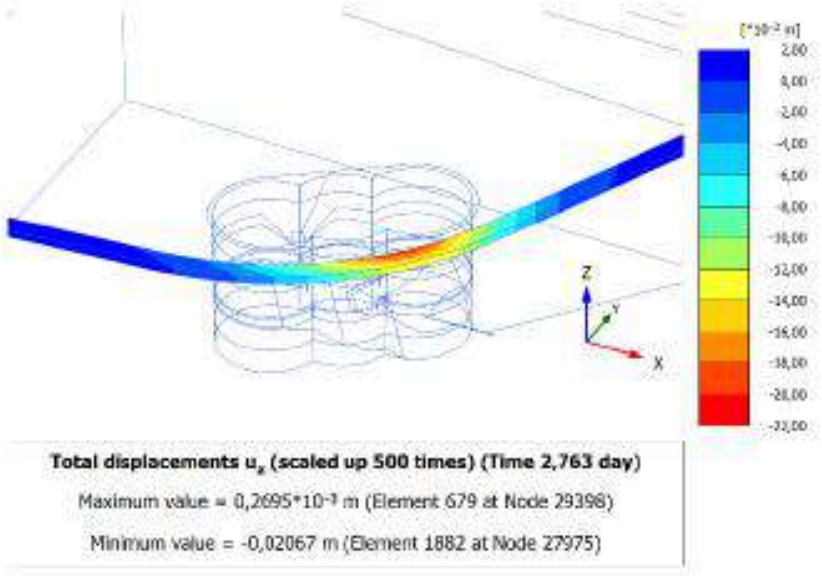


Figura 259 – Deslocamentos verticais - Córrego do Nado - Longo prazo (PLAXIS 3D)

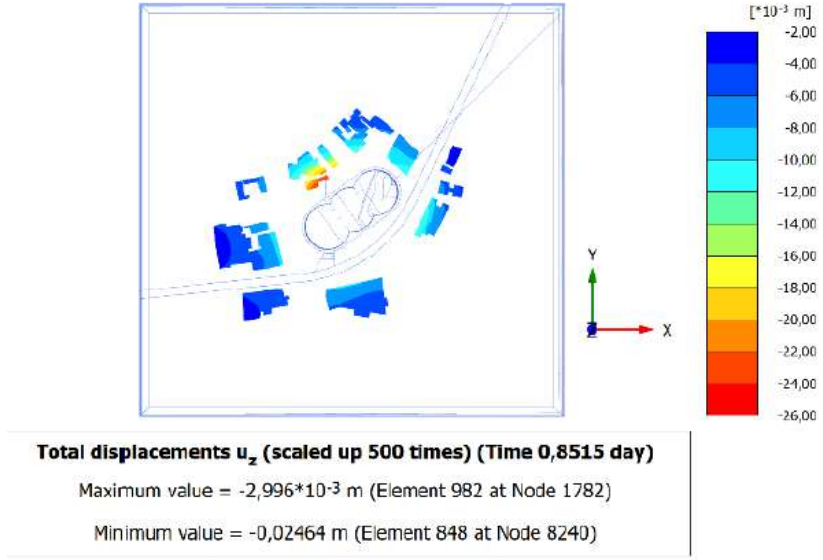


Figura 260 – Deslocamentos verticais – Edifícios vizinhos - Longo prazo (PLAXIS 3D)

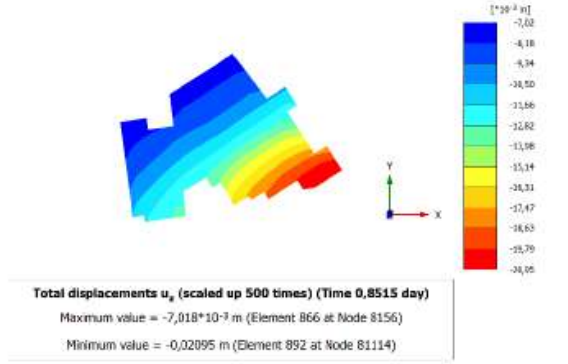


Figura 263 – Deslocamentos verticais - Edifícios vizinhos - Longo prazo – Edifício B (PLAXIS 3D)

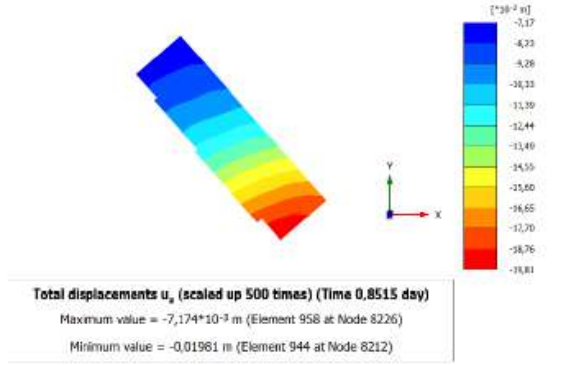


Figura 264 – Deslocamentos verticais - Edifícios vizinhos - Longo prazo – Edifício C (PLAXIS 3D)

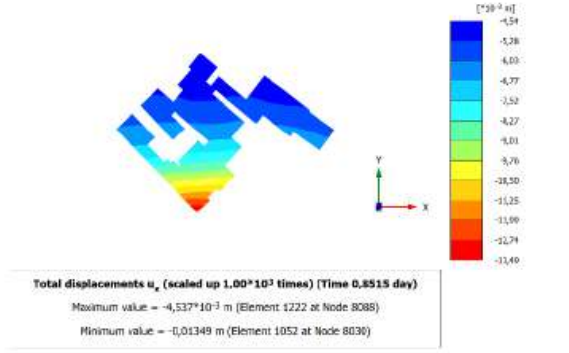


Figura 265 – Deslocamentos verticais - Edifícios vizinhos - Longo prazo – Edifício D (PLAXIS 3D)

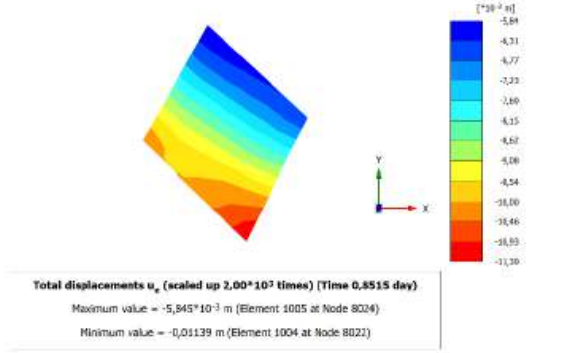


Figura 266 – Deslocamentos verticais - Edifícios vizinhos - Longo prazo – Edifício E (PLAXIS 3D)

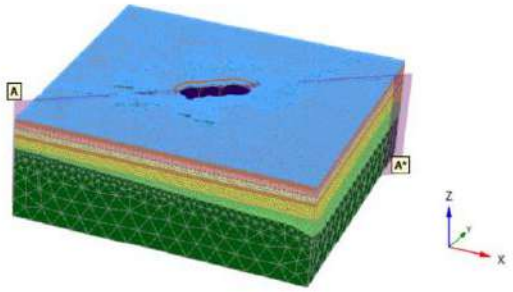
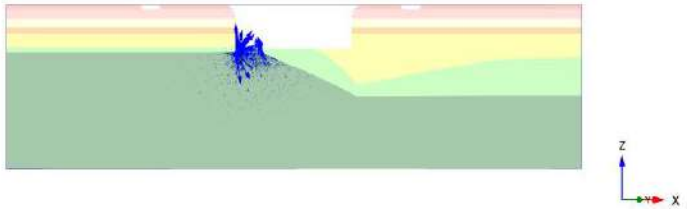
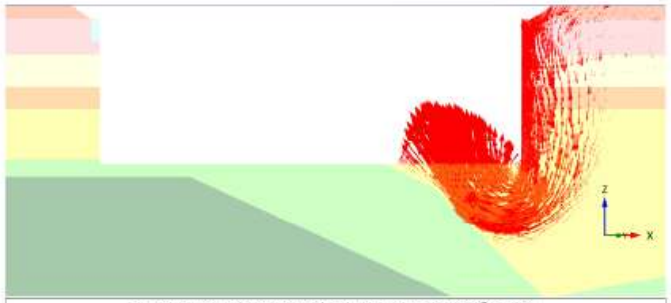


Figura 178 - Secção longitudinal em análise (PLAXIS 3D)



Groundwater flow |q| (scaled up 0,0100 times)
Maximum value = 2645 m/day
Minimum value = 0,000 m/day
Total discharge is 32,49*10³ m³/day

Figura 179 - Escoamento (q) – Fase final de escavação (PLAXIS 3D)



Incremental displacements |Δu| (scaled up 5,00*10³ times)
Maximum value = 3,432*10⁻³ m

Figura 180 - Deslocamentos incrementais (Δu) - FS = 2.112 – Fase final de escavação (PLAXIS 3D)

Incremental deviatoric strain $\Delta\gamma_s$ (scaled up 5,00*10³ times)
Maximum value = 3,140*10⁻³
Minimum value = -0,02299*10⁻³

Figura 181 - Deformações de corte incrementais (Δγs) - FS = 2.112 – Fase final de escavação (PLAXIS 3D)

ÍNDICE

- PARAMETRIZAÇÃO GEOMECÂNICA
- UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS BIM
- MODELAGEM NUMÉRICA
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pontos + RELEVANTES

- Utilização de ferramentas que permitem a interligação de diferentes componentes do projeto (TOPOGRAFIA + CAD + MODELAÇÃO NUMÉRICA + INSTRUMENTAÇÃO + QUANTIDADES)
- Aço – Cortado, dobrado e etiquetado desde a Siderurgia
- Utilização de instrumentação automatizada com aquisição remota de dados
- Investimento em investigação geotécnica
  - Custo aprox. – 200.000,00 Eur (0,8%)
  - Optimização do projeto (Base – Execução) – 3.000.000,00 Eur (12%)

EXECUÇÃO DE POÇOS DE GRANDE DIÂMETRO EM MEIO URBANO RESERVATÓRIOS “NADO 1” E “VILARINHO 2”, EM BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS

DEPTH RESERVOIRE EXCAVATION IN URBAN AREAS RESERVOIRS "NADO 1" AND "VILARINHO 2", IN BELO HORIZONTE, MINAS GERAIS

AGRADECIMENTOS

Consórcio CME

SUDECAP
SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA CAPITAL

PREFEITURA BELO HORIZONTE

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

TRATAMENTO POR CONSOLIDAÇÃO FORÇADA NO LOTE 14 DA PLATAFORMA LOGÍSTICA LISBOA NORTE

Miriam Lopes [a], Alexandre Pinto [b], António Levita Gonçalves [c]

[a] JETsj Geotecnia Lda.

[b] JETsj Geotecnia Lda.

[c] Terratest

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

LOCALIZAÇÃO

- Castanheira do Ribatejo, Alverca
- Plataforma Logística Lisboa Norte
- Lote 14 (47 975 m2)

OBJETIVO

- Implantação de estrutura industrial

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

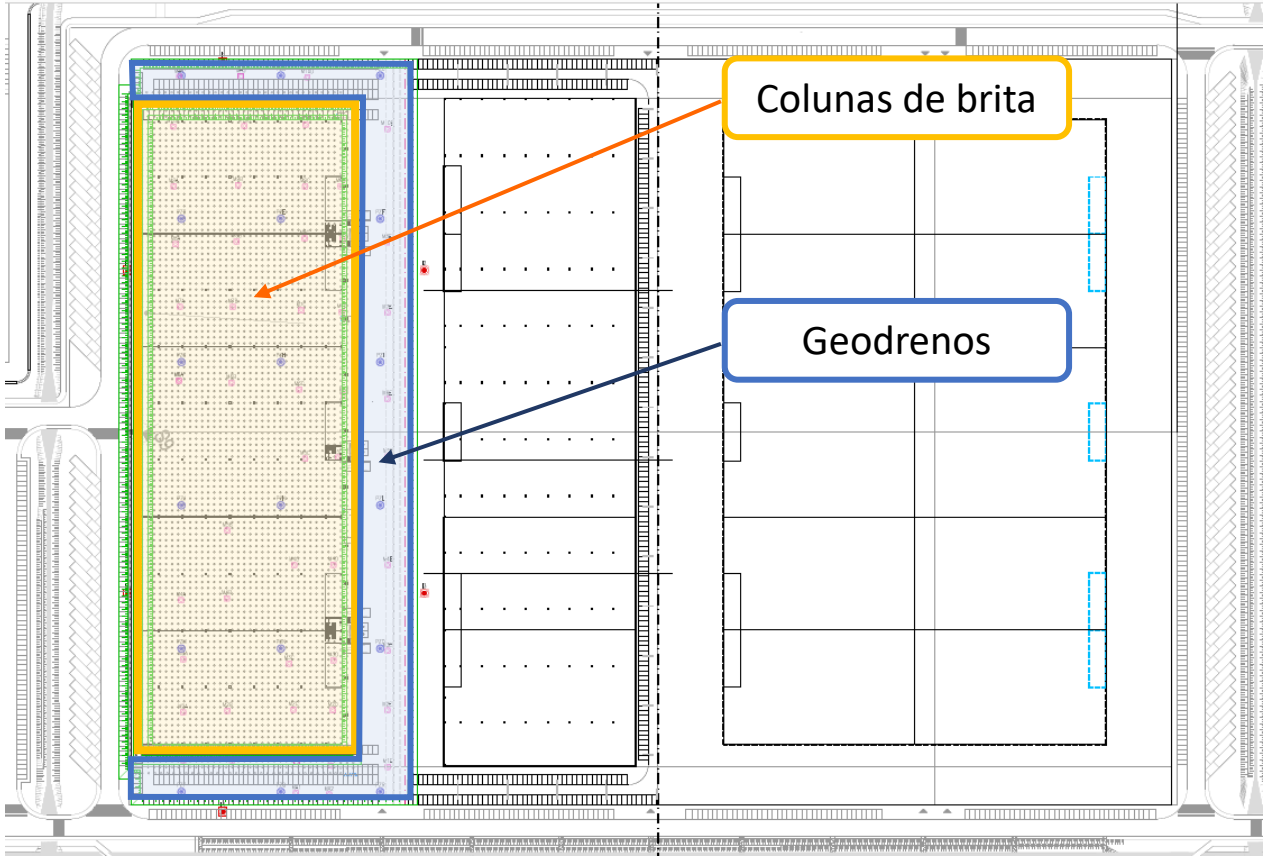
- Terrenos aluvionares do Baixo Tejo
- Depósitos antigos de terraços fluviais
- Em profundidade, terrenos datados do Miocénico
- Solos moles de natureza argilo-lodosa com espessura máxima de 22m
  - Compressibilidade elevada
  - Risco de comportamento deformável acentuado e evolutivo ao longo do tempo

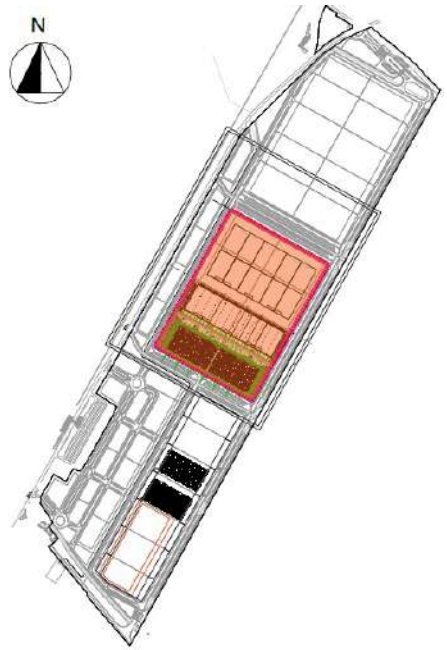
ÍNDICE

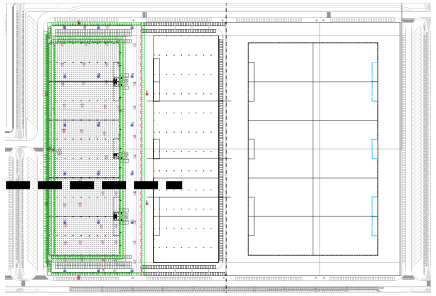
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

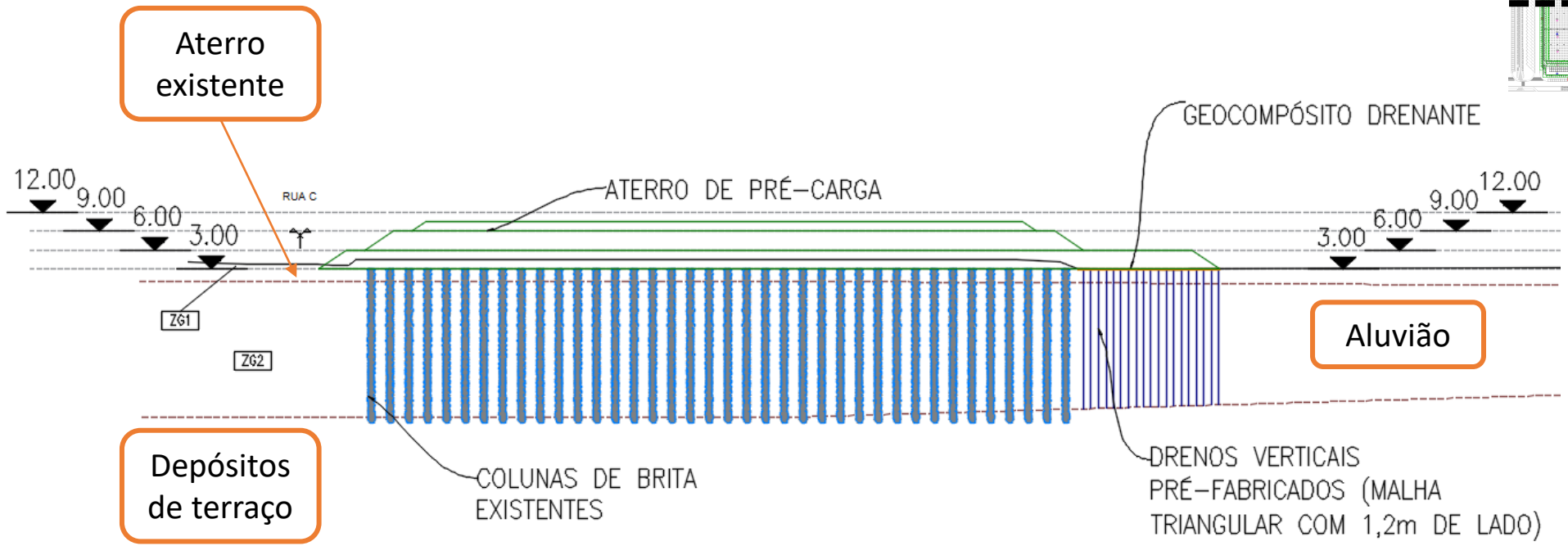
SOLUÇÕES ADOTADAS

- Tratamento de solos por consolidação forçada com recurso a aterros de pré-carga
- Altura máxima dos aterros de pré carga: 8 m
- Acelerar o processo de consolidação hidrodinâmica dos materiais compressíveis:
  - Execução de colunas de brita (empreitada anterior)
  - Cravação de geodrenos (drenos verticais pré fabricados)
- Permitir que os assentamentos por consolidação hidrodinâmica possam ocorrer durante a obra


Colunas de brita
Geodrenos


N




Aterro existente
Depósitos de terraço
12.00
9.00
6.00
3.00
RUA C
ZG1
ZG2
ATERRO DE PRÉ-CARGA
GEOCOMPÓSITO DRENANTE
COLUNAS DE BRITA EXISTENTES
DRENOS VERTICAIS PRÉ-FABRICADOS (MALHA TRIANGULAR COM 1,2m DE LADO)
Aluvião

GEODRENOS VERTICAIS (DRENOS PRÉ FABRICADOS)

- Pré-furação para atravessamento da camada superficial de aterro
- 39.874 unidades
- 850 a 900 ml/dia

GEODRENOS VERTICAIS (DRENOS PRÉ FABRICADOS)

- Cravação de geodrenos verticais com recurso a mandril
- 797.480 ml
- 4.500 ml/dia

GEOCOMPÓSITO DRENANTE

- Fronteira drenante superior
- 13.661 m^2

ATERROS DE PRÉ-CARGA

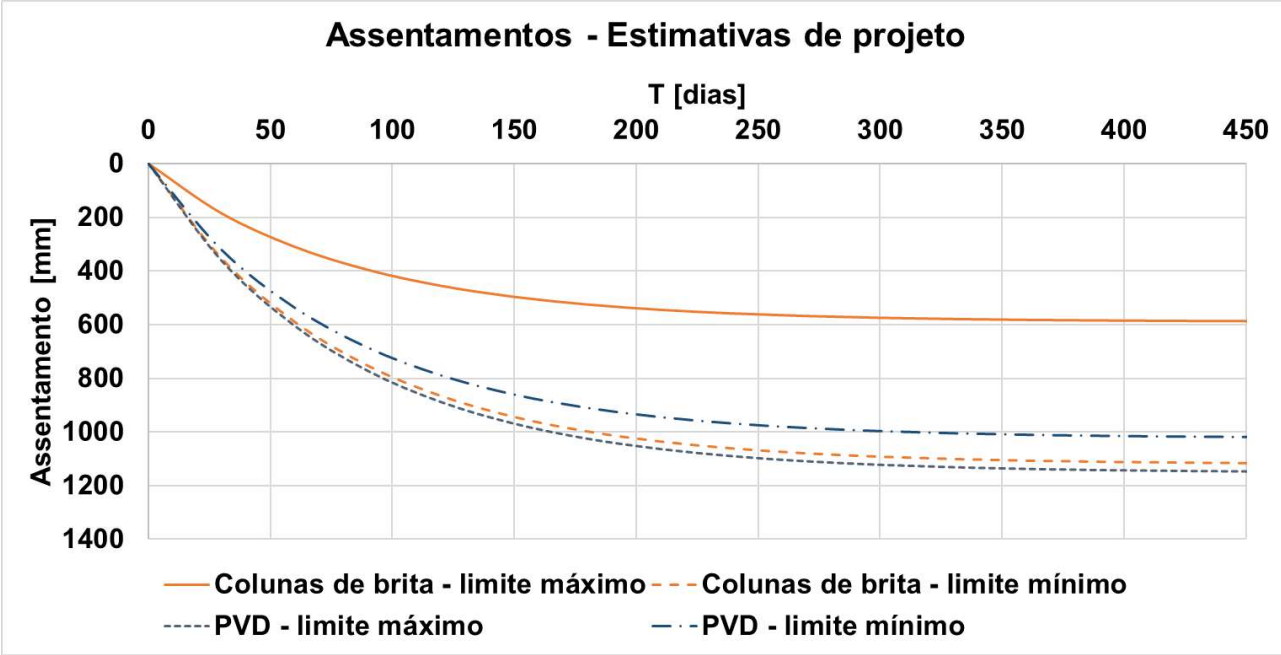
- 280.000 m3
- Rendimento máximo: 4.000 m3/dia

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **DIMENSIONAMENTO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

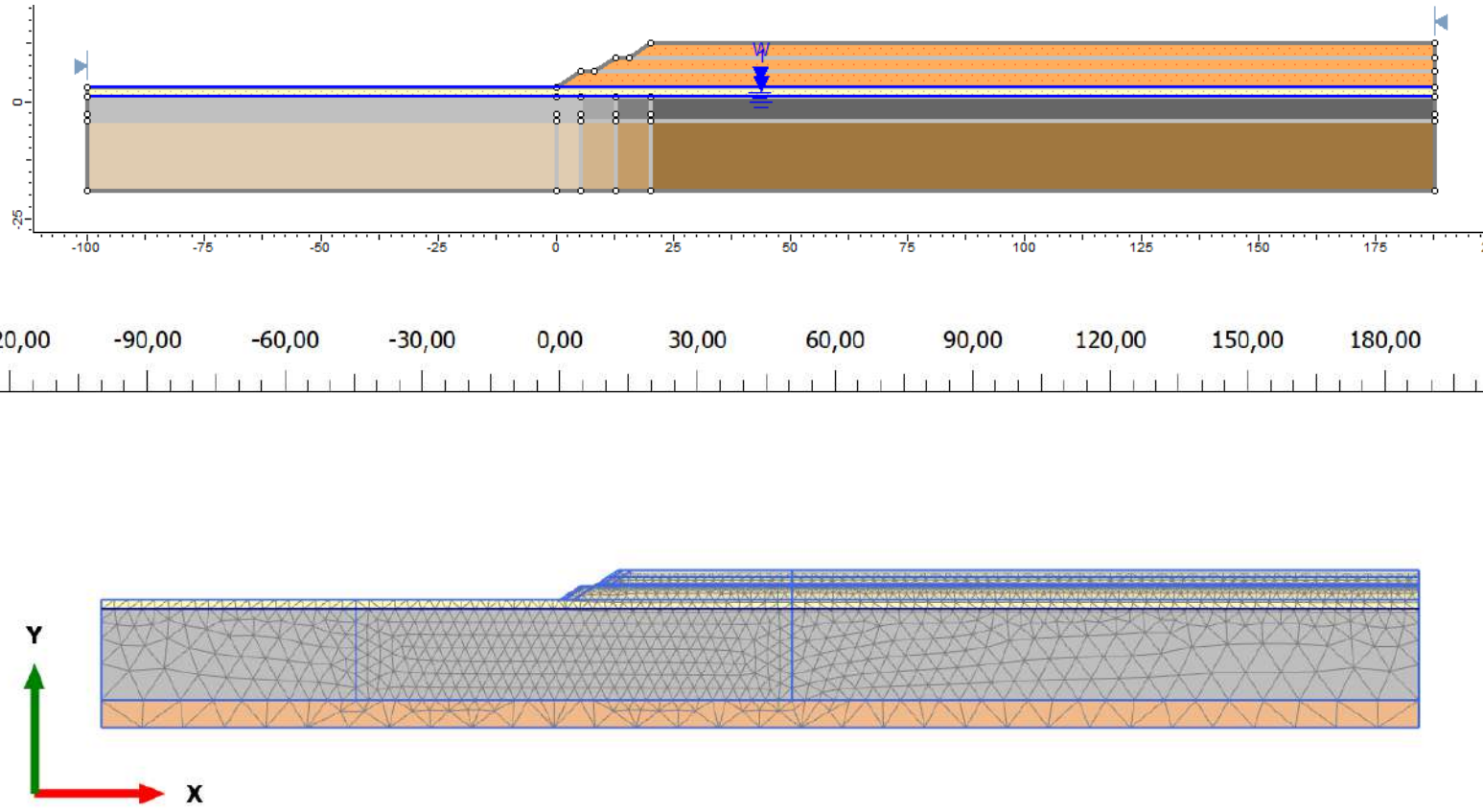
DIMENSIONAMENTO

- Magnitude do assentamento total (ensaios edométricos + experiência anterior)
- Estimativa do tempo de consolidação hidrodinâmica (malha de elementos drenantes)



ESTABILIDADE DOS TALUDES DOS ATERROS DE PRÉ-CARGA

- Análise por equilíbrio limite
- Análise em regime de tensões – deformações, por modelo de elementos finitos

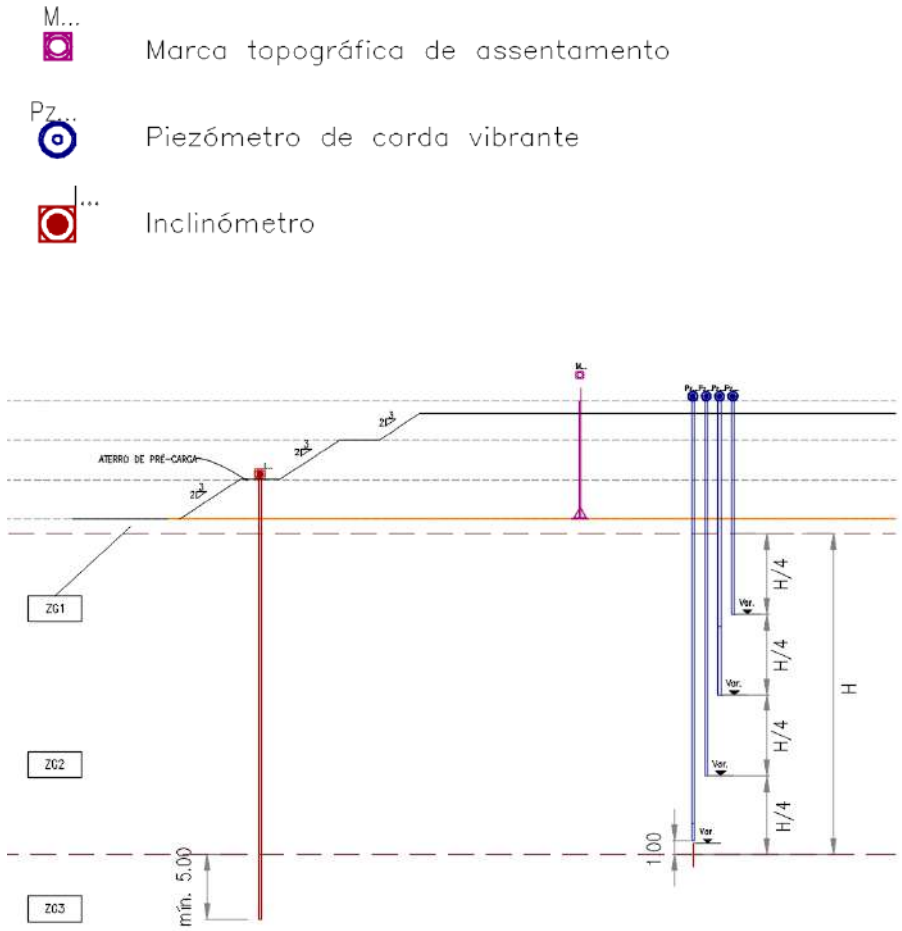


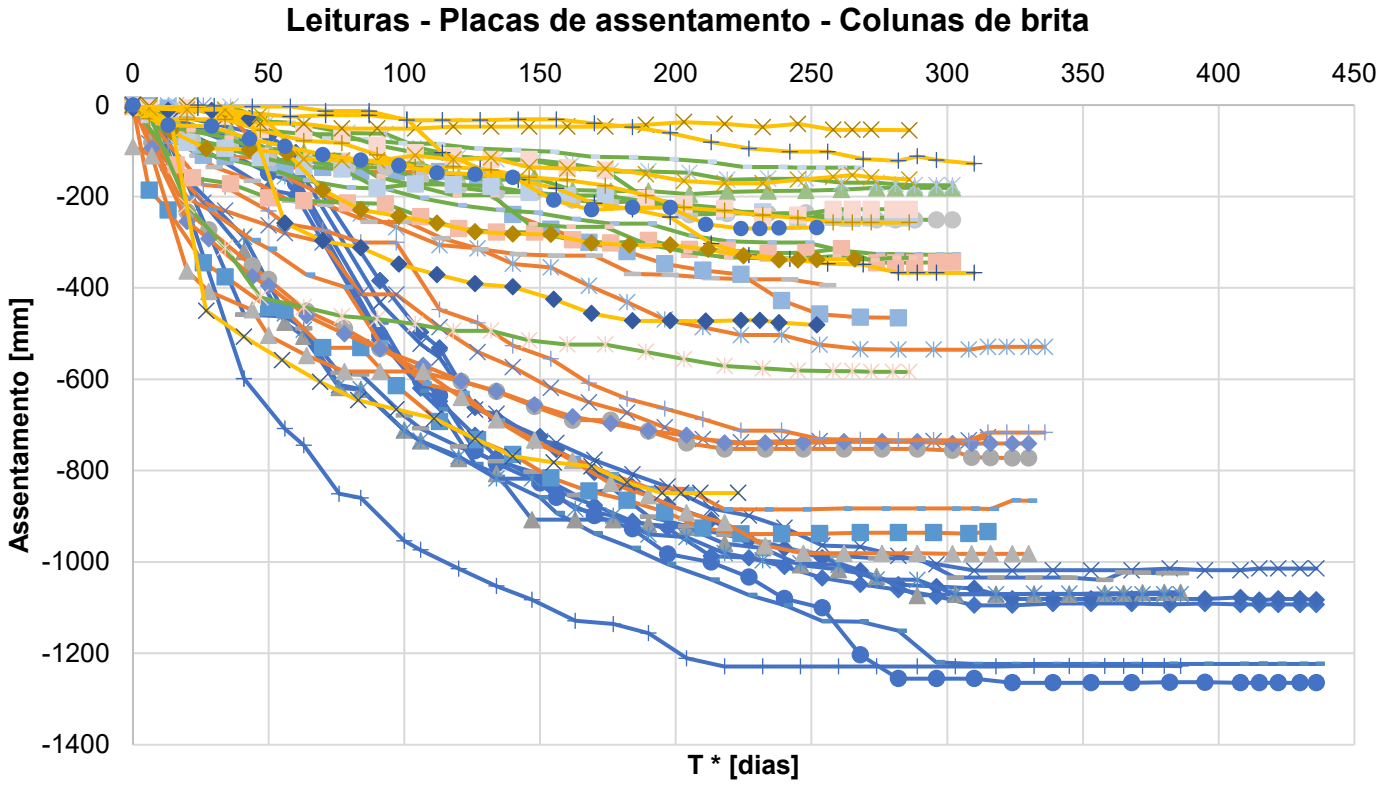
ÍNDICE

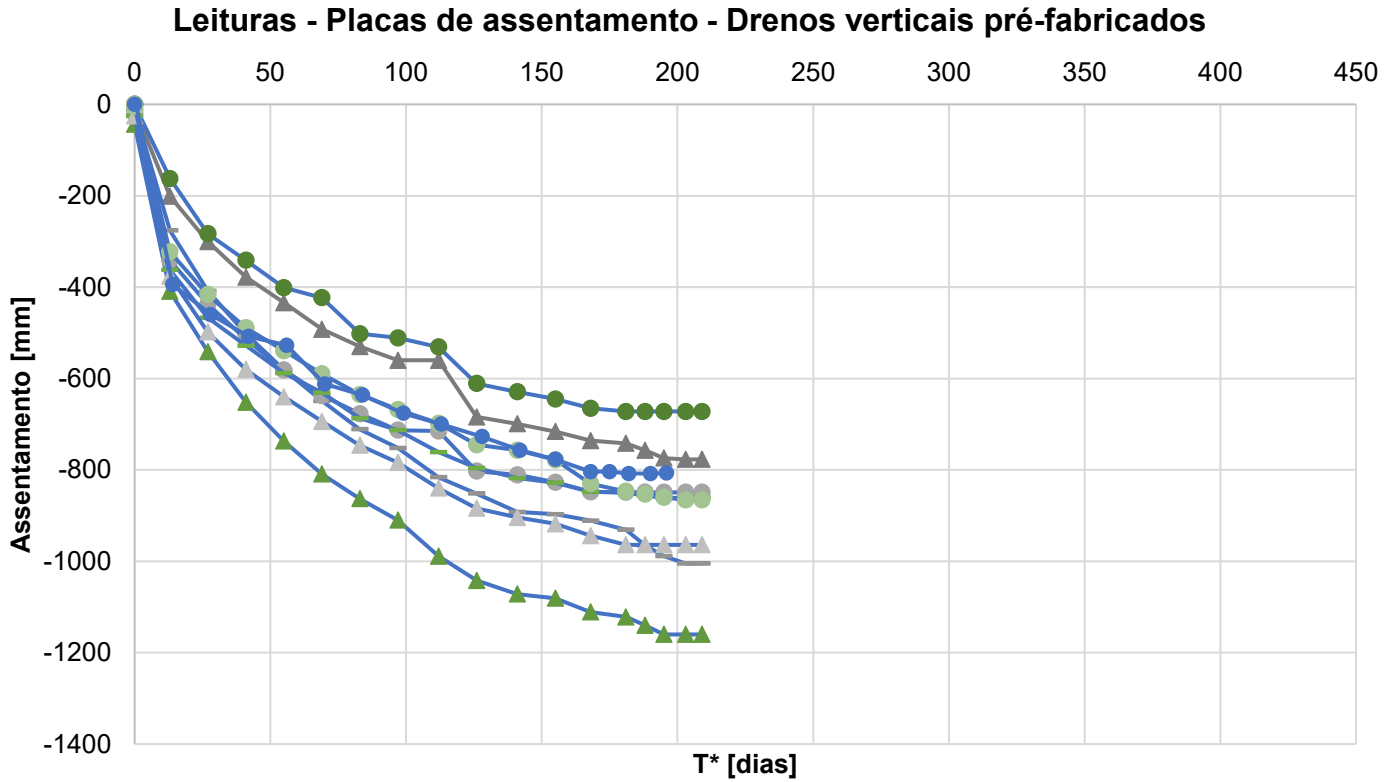
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

- 72 piezómetros de corda vibrante (18 pontos, em 4 profundidade distintas)
- Marcas topográficas apoiadas em 52 placas de assentamento
- 6 calhas inclinométricas, dispostas na periferia dos aterros




Leituras - Placas de assentamento - Colunas de brita
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
0
-200
-400
-600
-800
-1000
-1200
-1400
Assentamento [mm]
T * [dias]


Leituras - Placas de assentamento - Drenos verticais pré-fabricados
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
0
-200
-400
-600
-800
-1000
-1200
-1400
Assentamento [mm]
T* [dias]

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O enquadramento da obra descrita, incluindo o **prazo disponível** para execução dos trabalhos, determinou a necessidade de desenvolver **soluções de tratamento de solos** visando proporcionar condições favoráveis à posterior implementação de **soluções de fundação económicas** (em particular do pavimento térreo e dos arruamentos), mas compatíveis com o **adequado comportamento da estrutura em serviço**.

- As soluções adotadas permitem **mitigar, durante o período de vida útil da futura estrutura** industrial, os **assentamentos de magnitude elevada**, decorrentes do processo de consolidação primária, desenvolvido ao nível camadas aluvionares argilosas moles.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Possibilidade de **reutilizar parte dos aterros de pré carga** em lotes vizinhos
- Salienta-se a importância do **Plano de Instrumentação e Observação** na gestão do comportamento da obra, permitindo a interpretação dos assentamentos observados e o estabelecimento, com maior rigor, dos tempos necessários à obtenção do **grau de consolidação médio especificado**. Sendo, como tal, uma ferramenta indispensável numa obra geotécnica com as características da presente.

TRATAMENTO POR CONSOLIDAÇÃO FORÇADA NO LOTE 14 DA PLATAFORMA LOGÍSTICA LISBOA NORTE

AGRADECIMENTOS

MERLIN PROPERTIES

iranzo

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS

André Henriques, *ahenriques@jetsj.com*
Rui Tomásio, *rtomasio@jetsj.com*

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO

- Edifício com formato em T
- 1998
- Área = 380 m2
- R/C + 3 pisos elevados
- Estrutura em betão armado
- Massame + lintéis
- Profundidade das sapatas indefinida no projeto original

INTRODUÇÃO

- Edifício com formato em T
- 1998
- Área = 380 m2
- R/C + 3 pisos elevados
- Estrutura em betão armado
- Massame + lintéis
- Profundidade das sapatas indefinida no projeto original

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Estado razoável de conservação exterior

- Fissuras
- Empolamentos
- Abatimento do pavimento
- Destacamento do muro existente
- Fenda horizontal no alçado

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Estado razoável de conservação exterior

- **Fissuras**
- **Empolamentos**
- Abatimento do pavimento
- Destacamento do muro existente
- Fenda horizontal no alçado

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Estado razoável de conservação exterior

- Fissuras
- Empolamentos
- **Abatimento do pavimento**
- Destacamento do muro existente
- Fenda horizontal no alçado

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Estado razoável de conservação exterior

- Fissuras
- Empolamentos
- Abatimento do pavimento
- **Destacamento do muro existente**
- Fenda horizontal no alçado

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Estado razoável de conservação exterior

- Fissuras
- Empolamentos
- Abatimento do pavimento
- Destacamento do muro existente
- **Fenda horizontal no alçado**

CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA

Interior do edifício com patologias severas

- Fissuração horizontal acentuada
- Abatimento do piso do R/C

↓

Causas

- Assentamento do massame interior
- Assentamento das fundações interiores

↓

Provocado por:

- Abertura de uma vala de esgoto em 2015/2016
- Rotura da coluna de rede de abastecimento de água em 2015

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- **CONDICIONAMENTOS**
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONDICIONAMENTOS

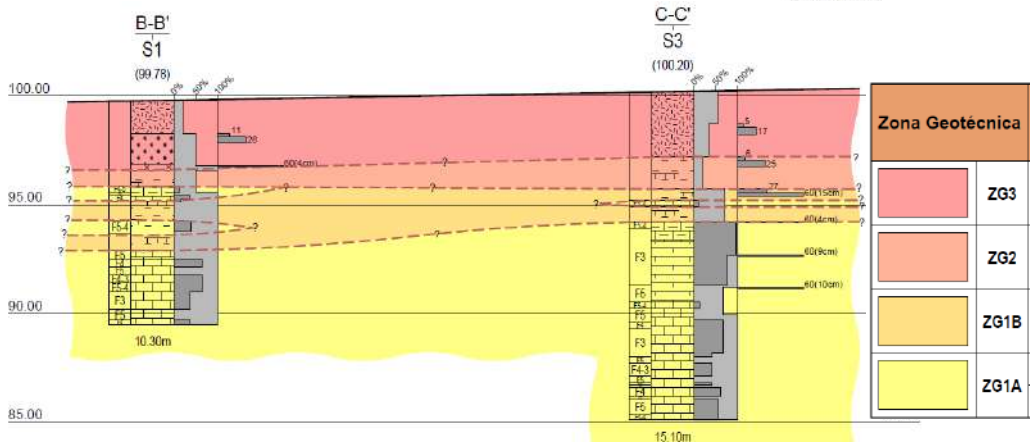
Geológico-geotécnicos:

- 3 sondagens mecânicas à rotação com ensaio SPT
- 1 ensaio penetração dinâmica ligeira (PDL)
- 4 poços de prospeção

POÇO

SONDAGEM

- 4 horizontes geotécnicos:
  - ZG3 Aterros e aluviões (NSPT < 6)
  - ZG2 Argilas margosas descomprimidas (NSPT < 30)
  - ZG1B Argilas margosas (30 < NSPT < 60)
  - ZG1A Margas, calcário margoso e calcário (NSPT≥60)
- Não existia nível de água estabilizado nas profundidades prospetadas



CONDICIONAMENTOS

Arquitetónicos e funcionais:

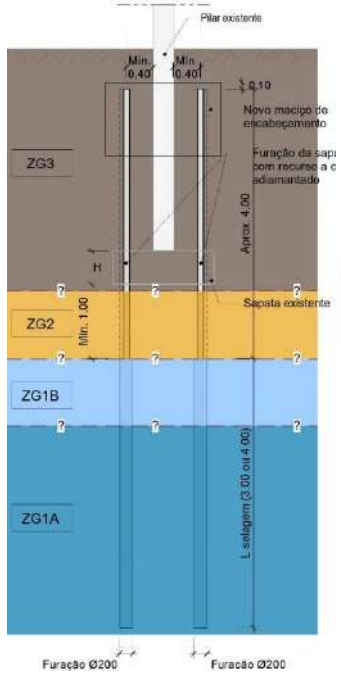
- Mínimo impacto no normal funcionamento do edifício a intervir
- Apenas o R/C seria integralmente desocupado
- Preservação da integridade das fachadas
- Preservação das redes de serviços existentes

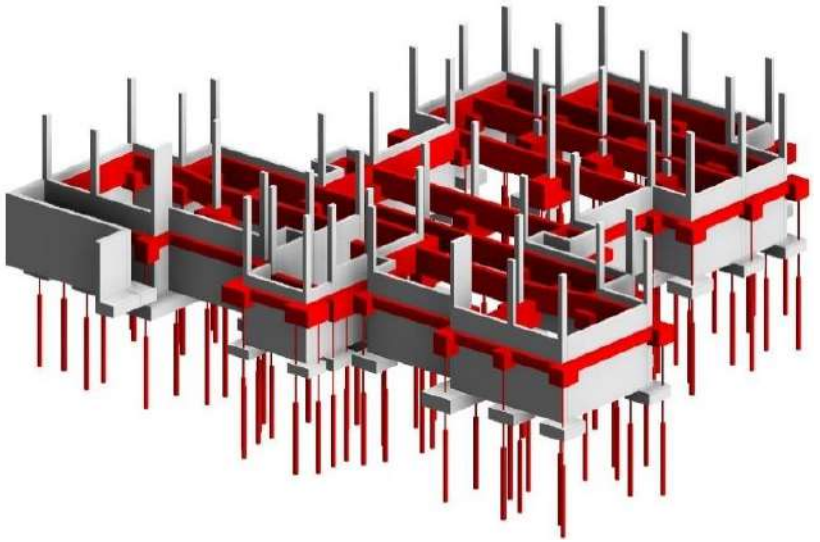
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- DIMENSIONAMENTO
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

SOLUÇÕES ADOTADAS

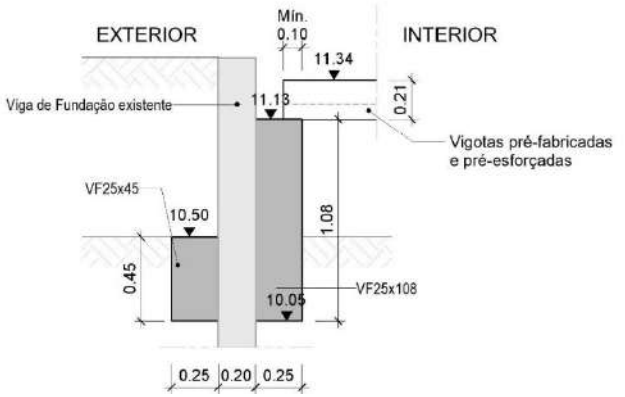
- Cenário geológico geotécnico
- Volumetria do edifício
- Tipologia estrutural
- Danos/patologias existentes





RECALÇAMENTO DAS FUNDAÇÕES + LAJE ESTRUTURAL R/C

- Microestacas tubulares em aço N80
  - Ø88.9x6,5 mm | Ø73x5.5 mm
- Maciços em betão armado ligados aos pilares existentes através de varões tipo GEWI
- Vigas de fundação interiores e de periferia
- Vigotas pré-fabricadas e pré-esforçadas com abobadilhas cerâmicas



SOLUÇÕES ADOTADAS

SOLUÇÕES ADOTADAS

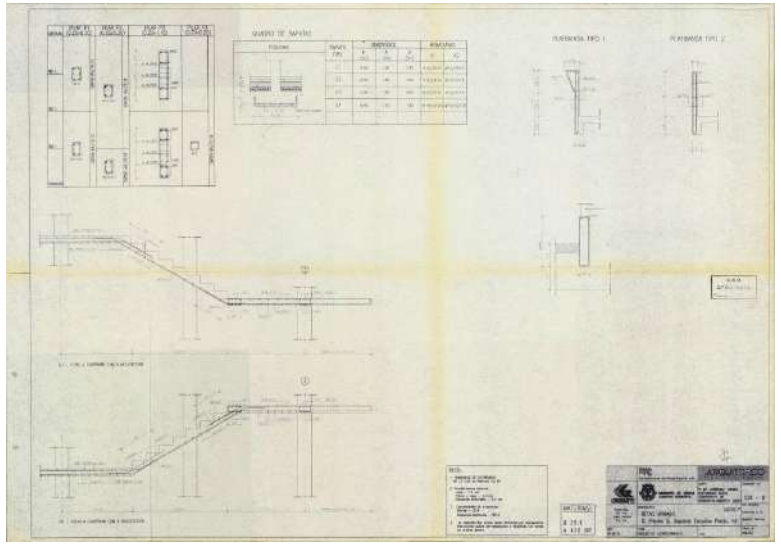
SOLUÇÕES ADOTADAS

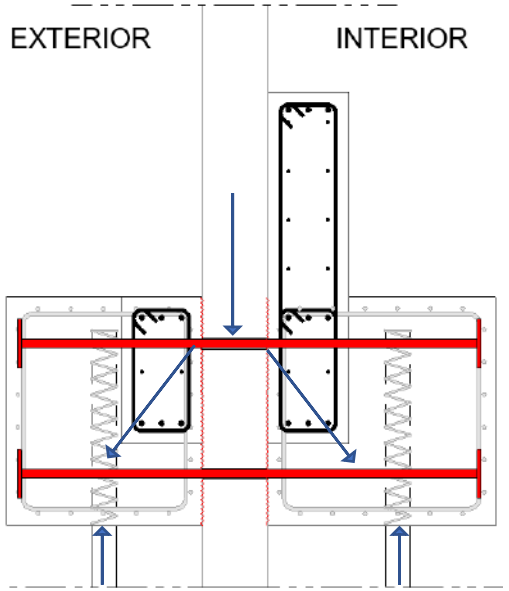
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **DIMENSIONAMENTO**
- INSTRUMENTAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

DIMENSIONAMENTO

- Cargas do projeto original (1998) + novo piso estrutural (aumento de 33% da carga transmitida às fundações)
- Áreas de influência
- Modelos simplificados
- Escoras e tirantes
- Microestacas dimensionadas para a totalidade das cargas axiais
- Elevada rigidez axial da microestaca



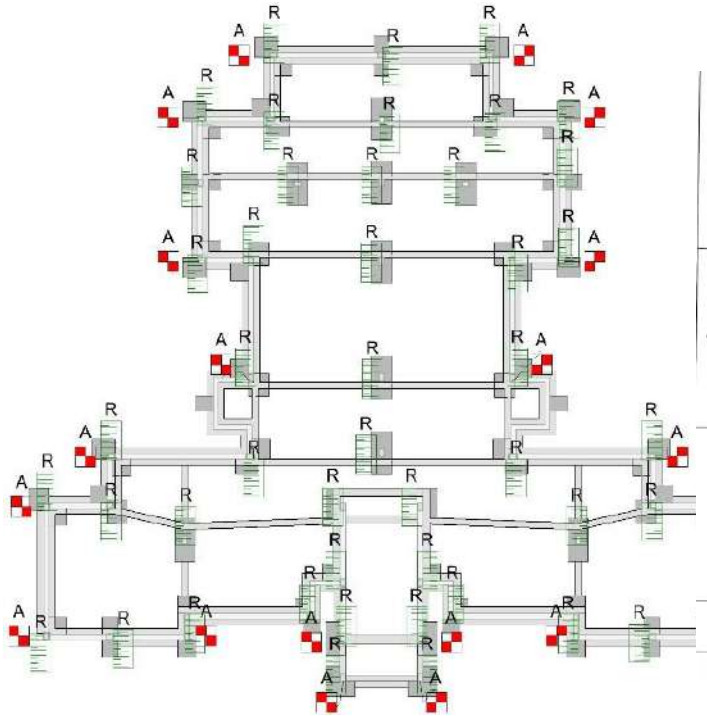


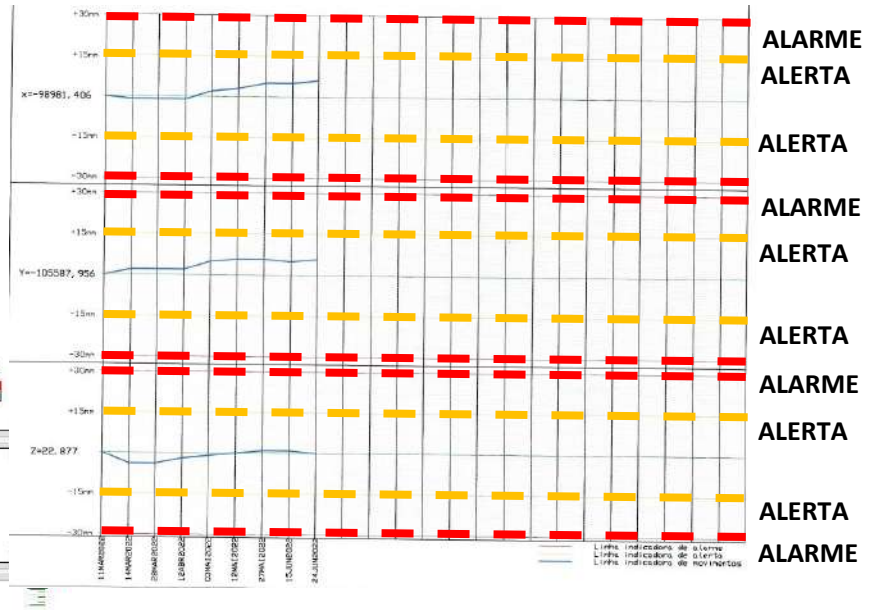
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- **INSTRUMENTAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

INSTRUMENTAÇÃO

- 20 alvos topográficos nas fachadas
- 48 réguas topográficas nos pilares





- Definição dos critérios de alerta e alarme
- Definição de medidas de reforço

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CARACTERIZAÇÃO DA ESTRUTURA
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- DIMENSIONAMENTO
- INSTRUMENTAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Solução assegura que todos os elementos estruturais se encontram fundados ao nível de substratos competentes, não afetados por fenómenos de erosão e/ou degradação
- Minimização do impacto no normal funcionamento do edifício:
  - Pisos superiores não foram afetados
  - Manutenção das fachadas existentes
- Reaproveitamento de alguns materiais e equipamentos existentes
- Plano de instrumentação e observação permite a realização dos trabalhos em condições de segurança, funcionando como uma ferramenta proativa na implementação atempada de eventuais medidas de reforço

REFORÇO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIO DE HABITAÇÃO, OEIRAS

André Henriques, *ahenriques@jetsj.com*

Rui Tomásio, *rtomasio@jetsj.com*

AGRADECIMENTOS

Empreiteiro

stap Reparação, Consolidação e Modificação de Estruturas, S.A.

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

Escavação, Contenção Periférica e Fundações de um Edifício em Alcântara – Lisboa

Rui Tomásio[a], Filipe Veloso[b], Nuno Rosa[c]

[a] JETSJ Geotecnia

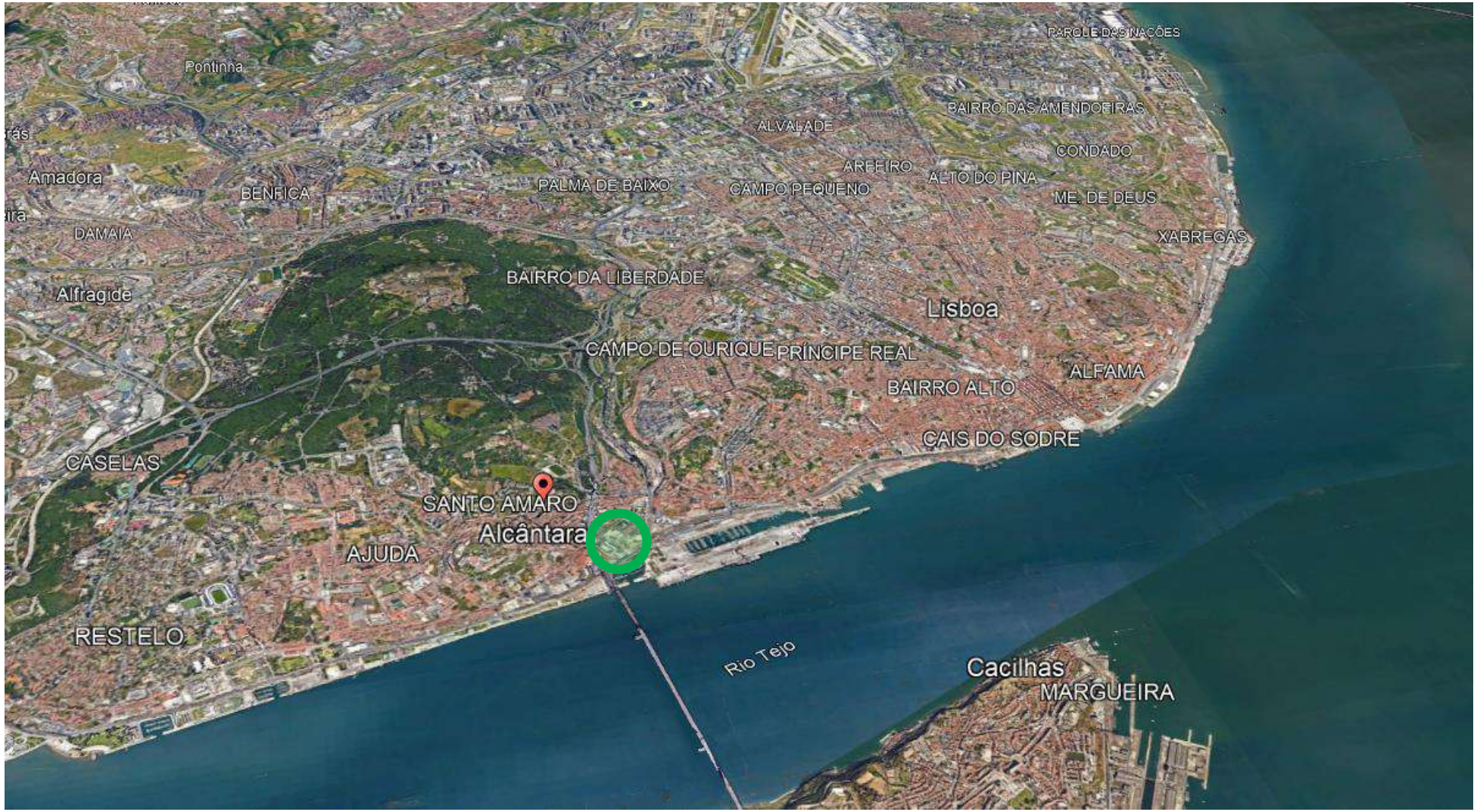
[b] Rockbuilding

[c] HCI / Alves Ribeiro

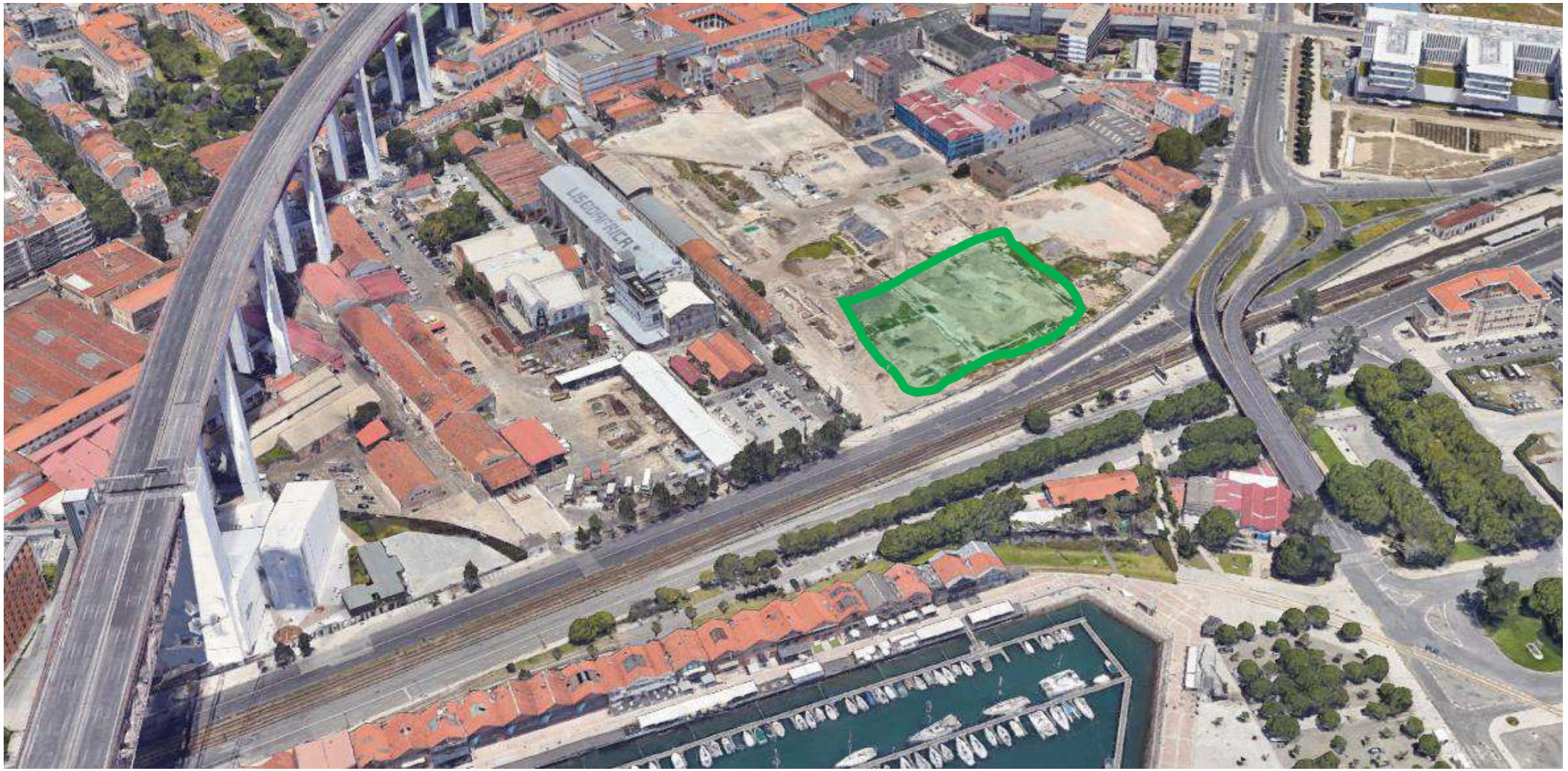
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- MODELOS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO
- INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO


PARQUE DAS NAÇÕES
Pontinha
BAIRRO DAS AMENDOEIRAS
ALVALADE
CONDADO
Amadora
BENFICA
PALMA DE BAIXO
CAMPO PEQUENO
AREEIRO
ALTO DO PINA
ME. DE DEUS
DAMAIA
XABREGAS
BAIRRO DA LIBERDADE
Alfragide
Lisboa
CAMPO DE OURIQUE
PRÍNCIPE REAL
ALFAMA
BAIRRO ALTO
CAIS DO SODRE
CASELAS
SANTO AMARO
Alcântara
AJUDA
RESTELO
Rio Tejo
Cacilhas
MARGUEIRA

INTRODUÇÃO



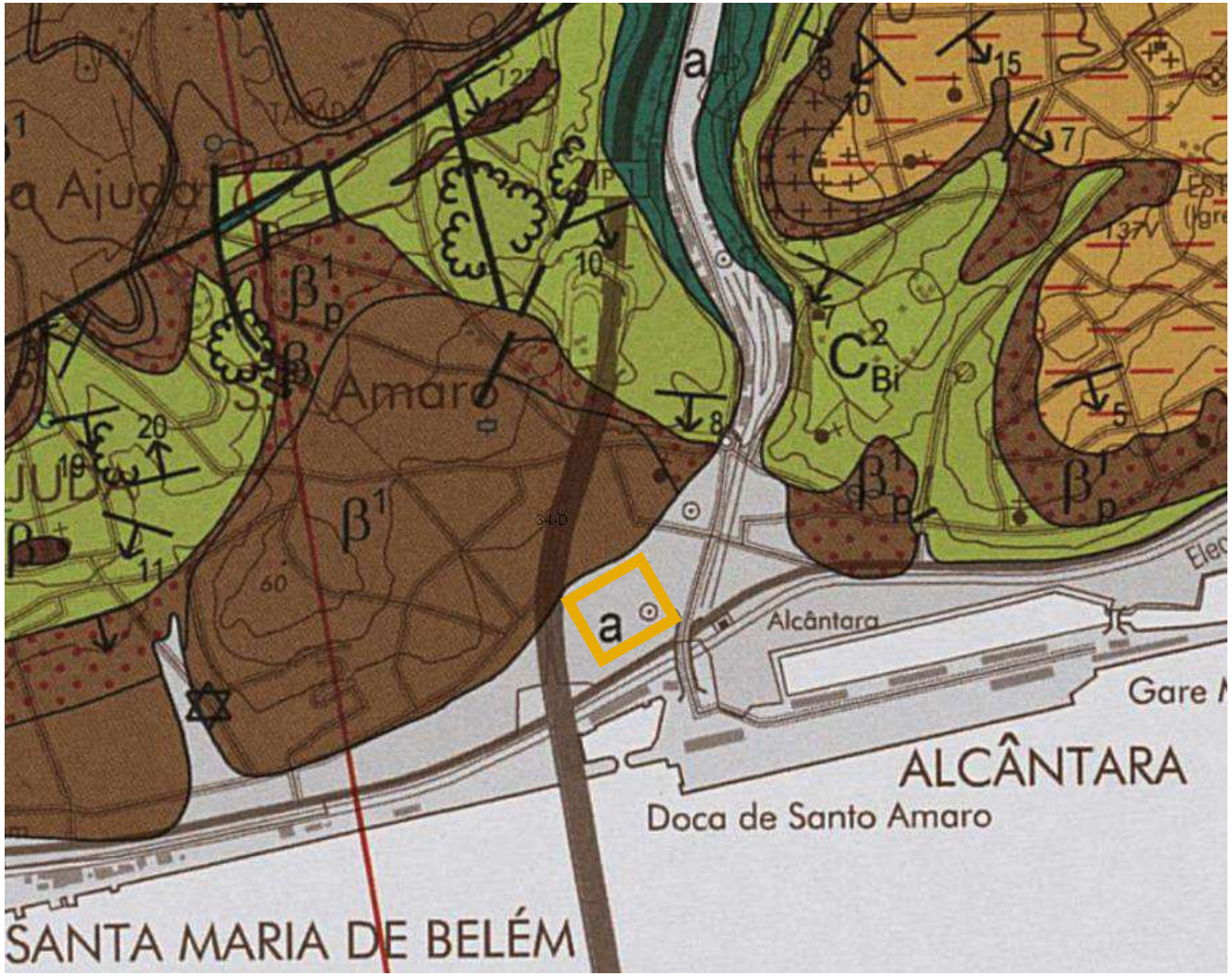
INTRODUÇÃO

- Escritórios
- 39.000m2 área construção
- 6.300m2 área implantação
- 6 pisos elevados
- 4 pisos enterrados

INTRODUÇÃO

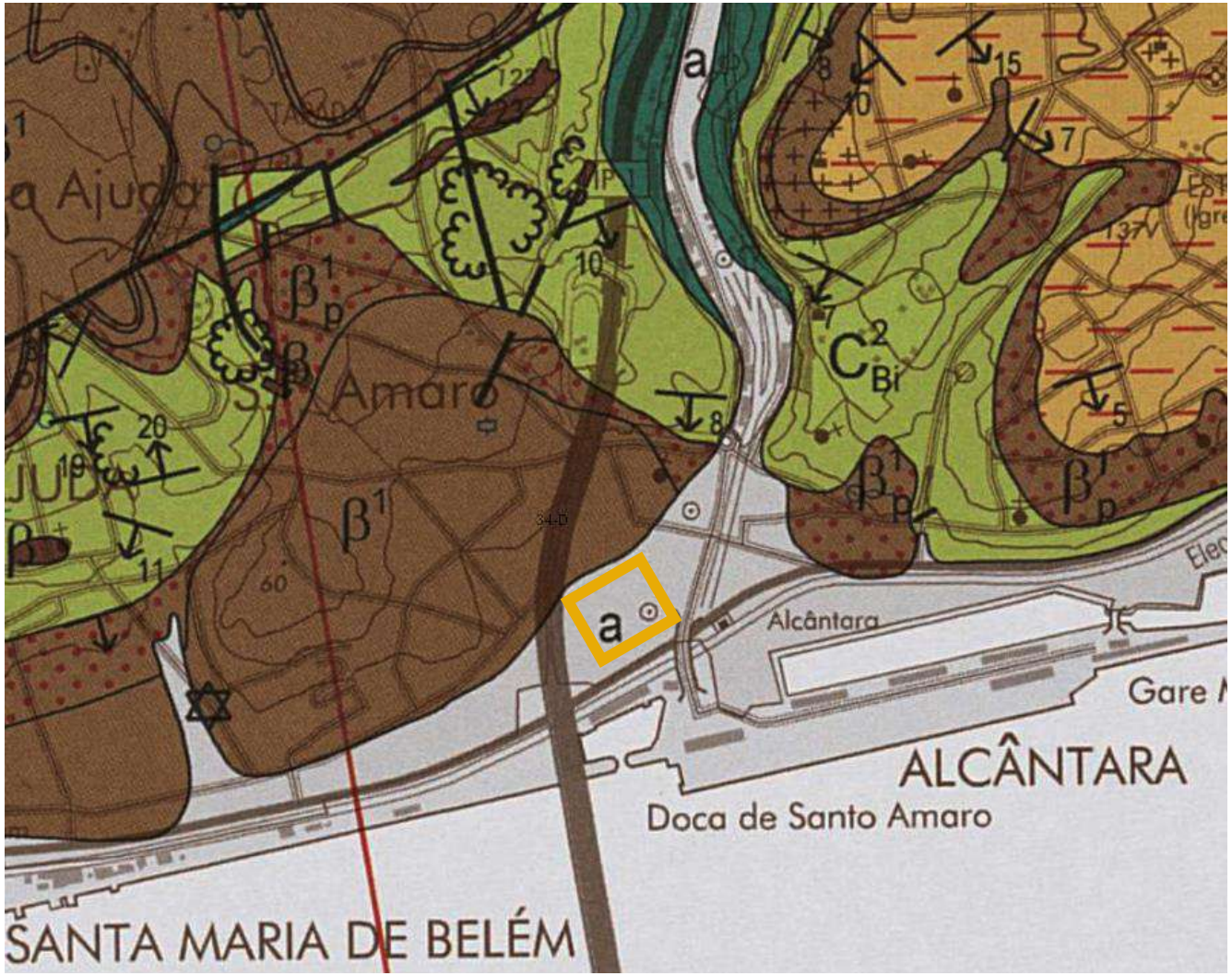
- 13m de profundidade de escavação
- Nível freático a 2m profundidade
- Aluviões arenosas
- Proximidade Rio Tejo

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS



- Aterros
- Aluviões arenosas
- Aluviões lodosas
- Cascalheiras
- Basaltos
- Calcários

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS



- 9 sondagens
- Ensaios SPT
- 6 Ensaios SCPTu
- 11 Ensaios Dissipação
- Ensaios Lougeon
- Ensaios Lefranc
- Instalados 5 piezómetros
- Ensaios laboratoriais de identificação
- Ensaios Corte Direto
- Ensaios Triaxiais
- Ensaios de Compressão Simples
- Agressividade química

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

0,00 m - 23,00 m

23,00 m - 37,50 m

37,50 m - 40,30 m

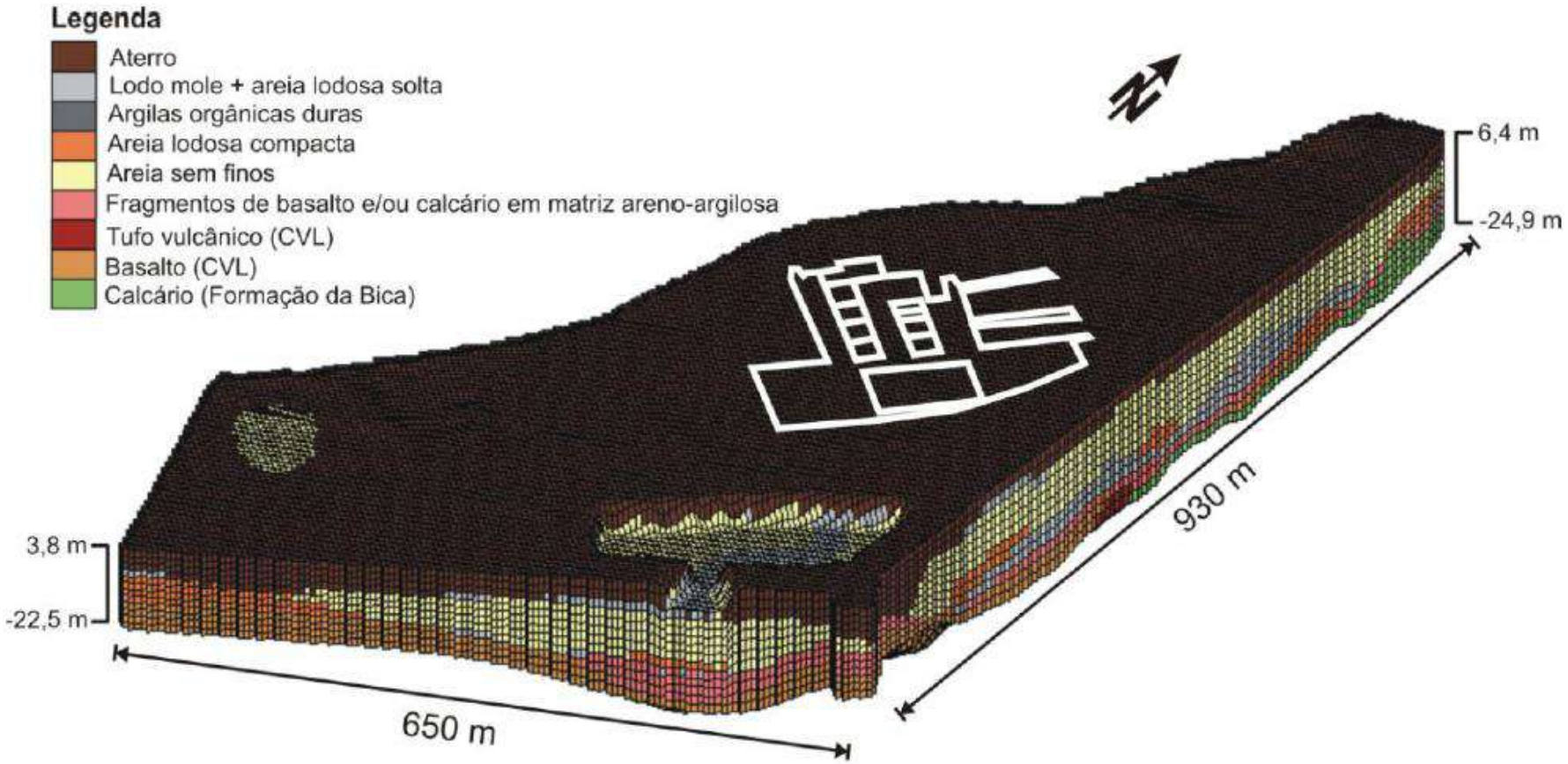
40,30 m – 43,15 m

Provete P1

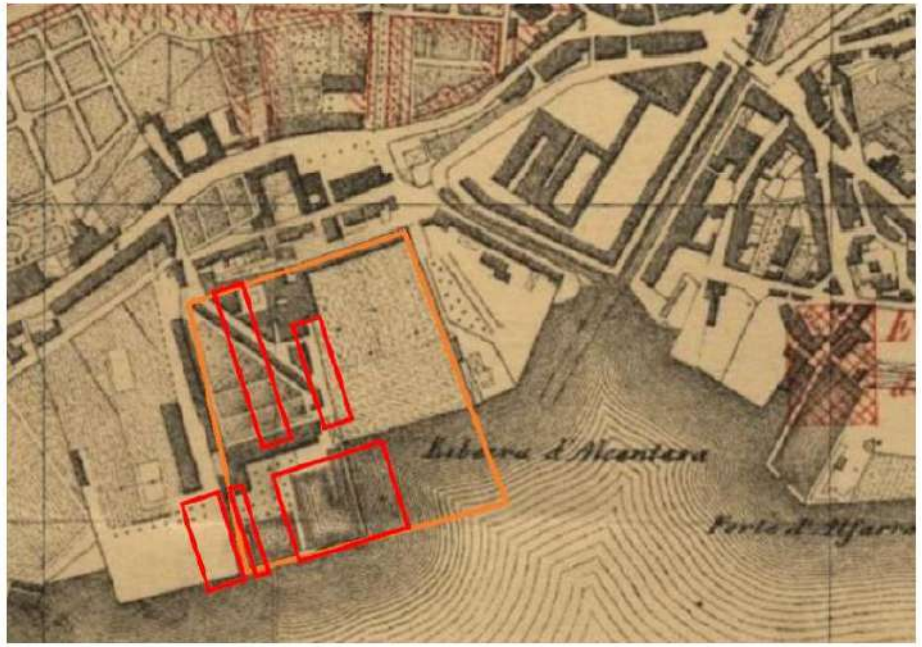
Provete 2

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

CONDICIONAMENTOS HIDROGEOLÓGICO



CONDICIONAMENTOS ARQUEOLÓGICOS



Planta topográfica Filipe Folque (1881)
Identificação de um Doca marítima antiga, incluindo um conjunto de muros-cais

Ocupação industrial – Refinaria Colonial (posteriormente Sidul)
Inaugurada em 1909 pelo Rei D. Manuel II

CONDICIONAMENTOS ARQUEOLÓGICOS

Identificação e registo dos vestígios arqueológicos industriais

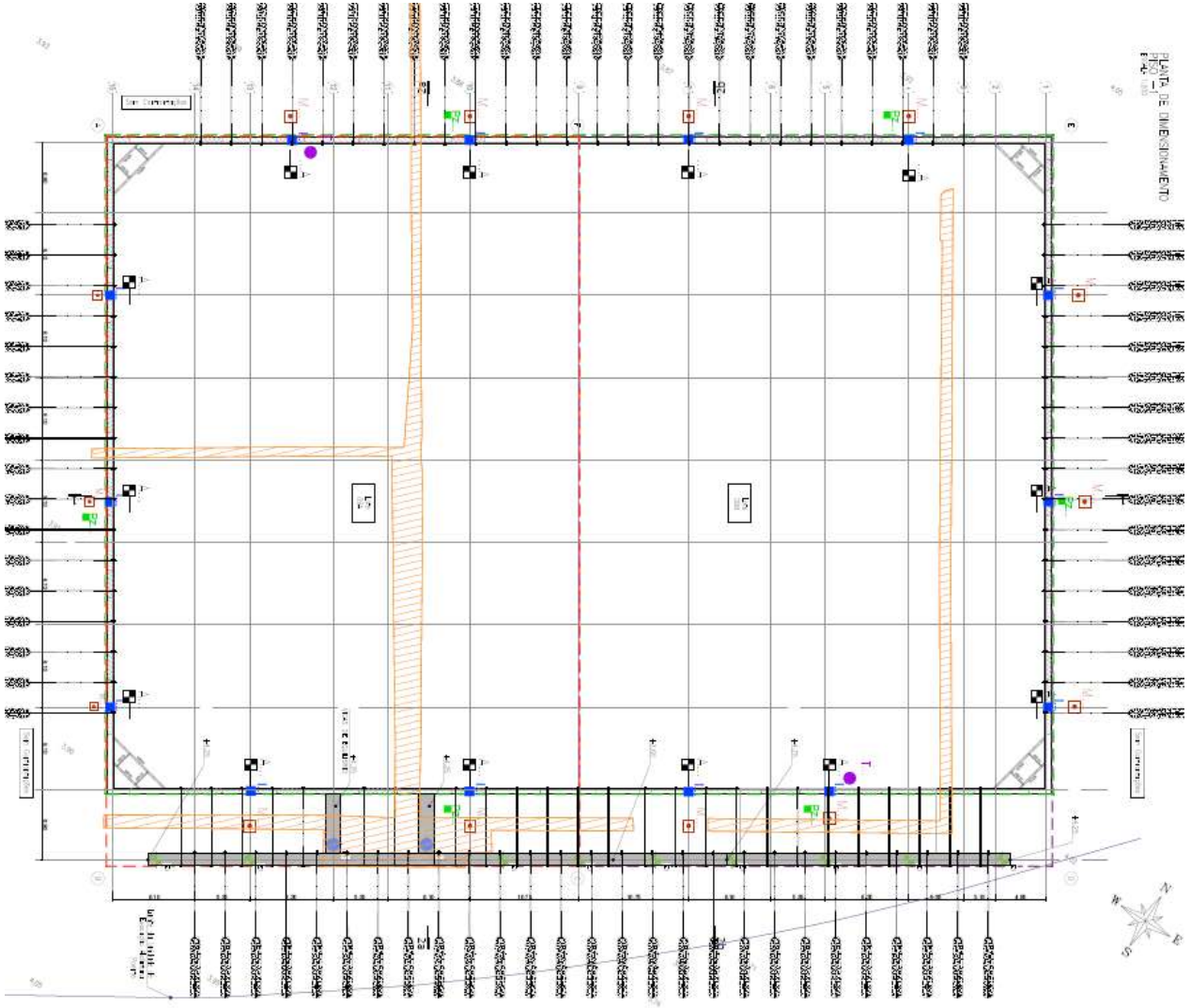
CONDICIONAMENTOS ARQUEOLÓGICOS

Identificação e registo dos vestígios arqueológicos marítimos do séc. XVIII e séc. XIX

CONDICIONAMENTOS ARQUEOLÓGICOS

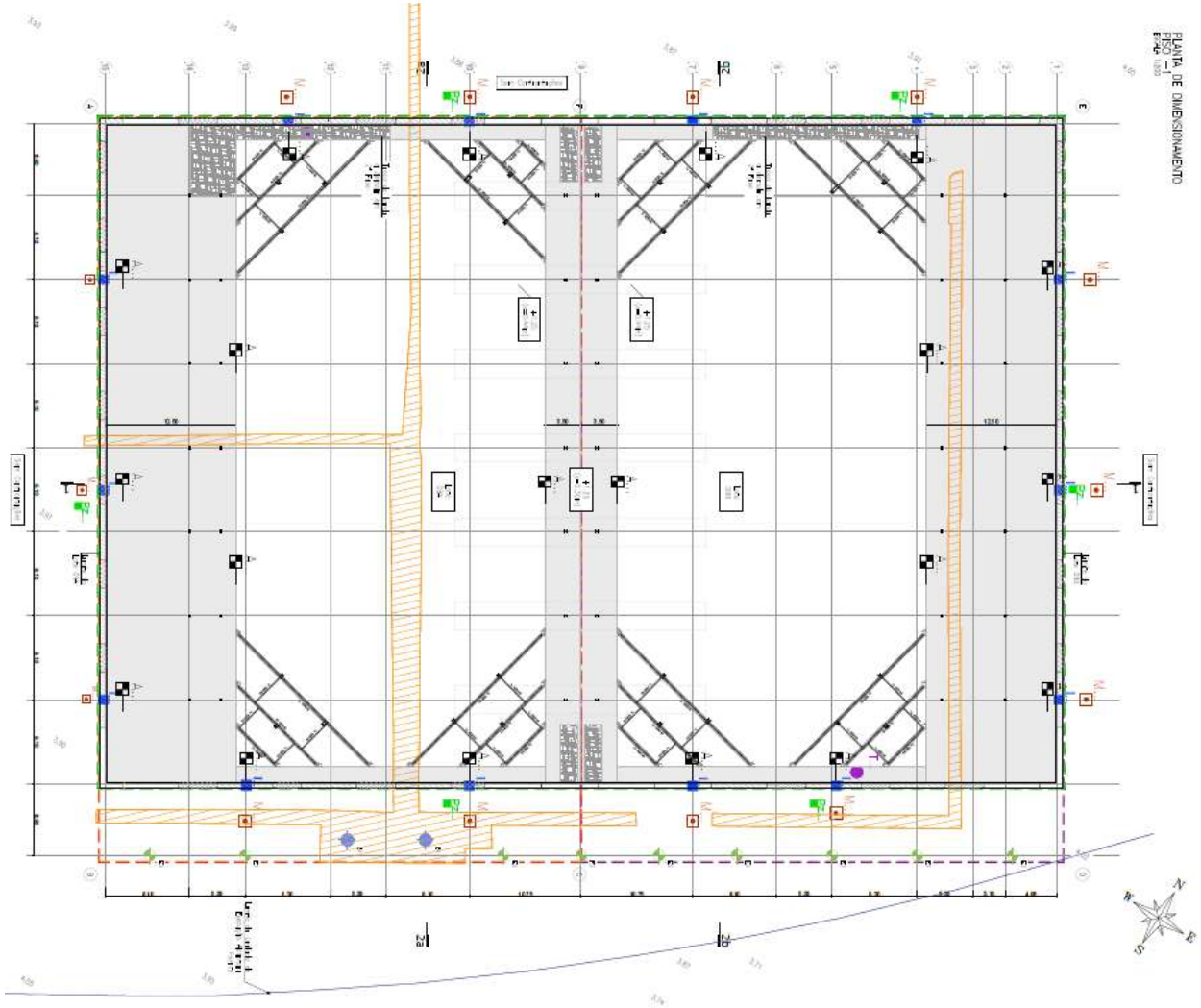
Identificação e registo dos vestígios arqueológicos marítimos do séc. XVIII e séc. XIX

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA



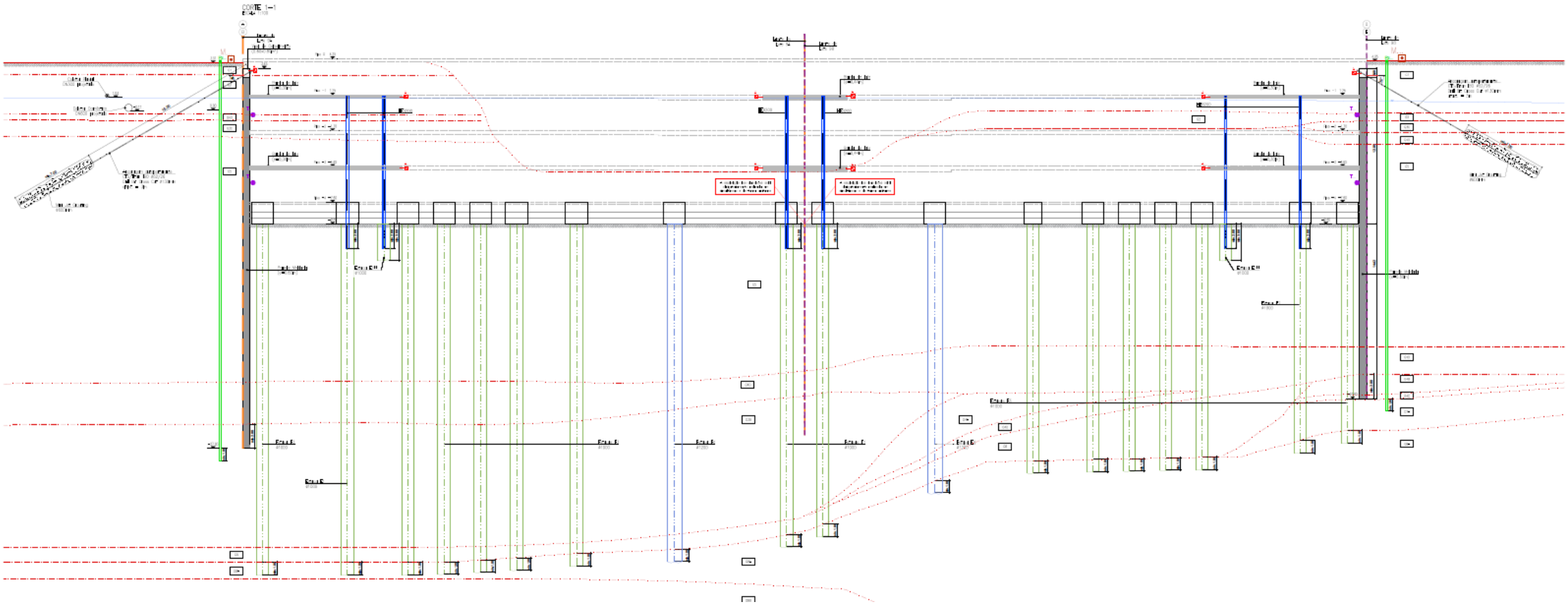
- Contenção periférica em parede moldada com 60cm espessura
- Profundidade máxima de 32m
- Base da parede embebida na camada de aluviões lodosas
- Travamento com ancoragens autoperfurantes na viga de coroamento (para viabilizar escavação arqueológica)

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA



- Travamento dos níveis inferiores, após finalizados os trabalhos arqueológicos, através de bandas de laje e escoramentos metálicos

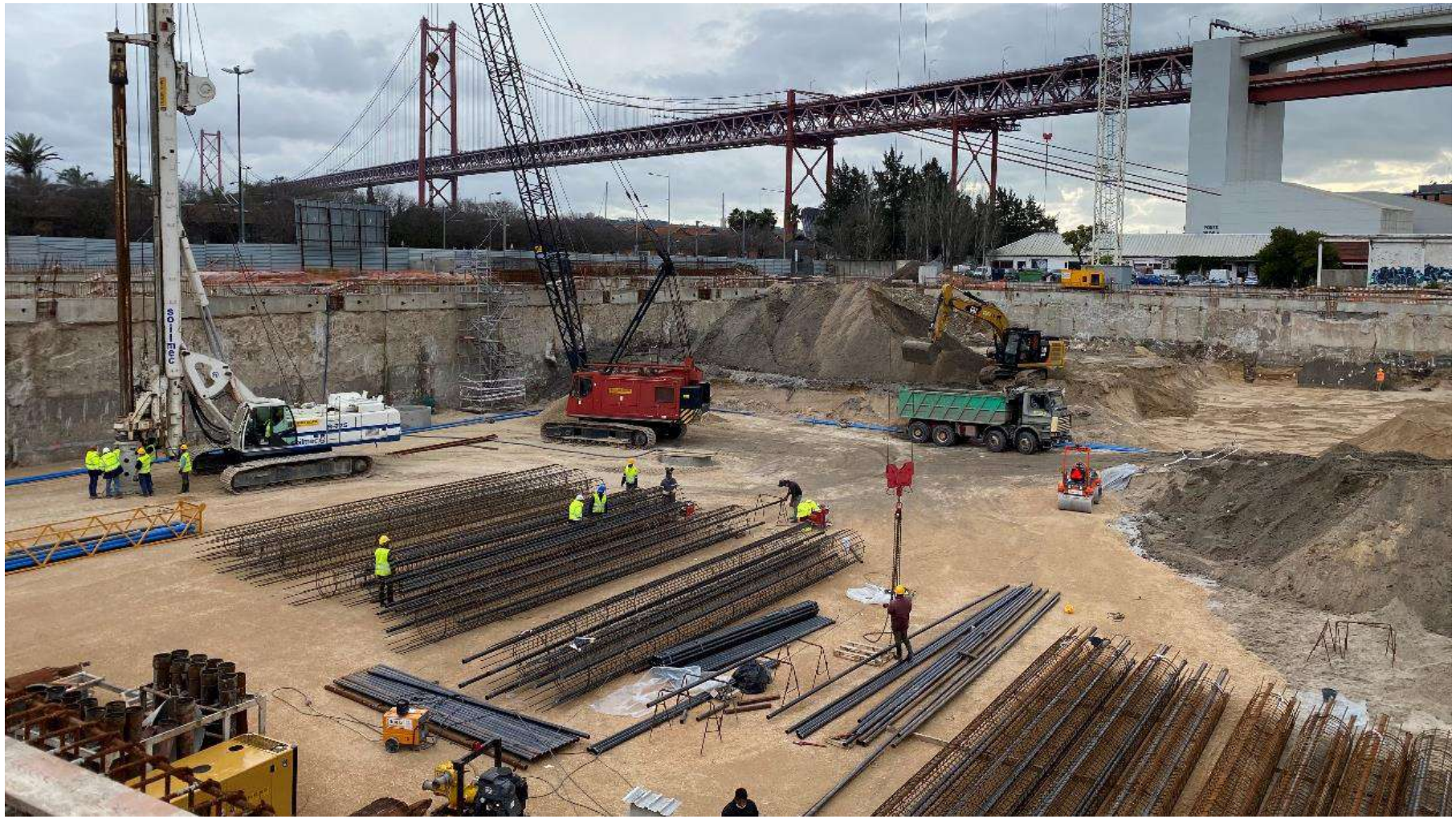
SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA / FUNDAÇÕES



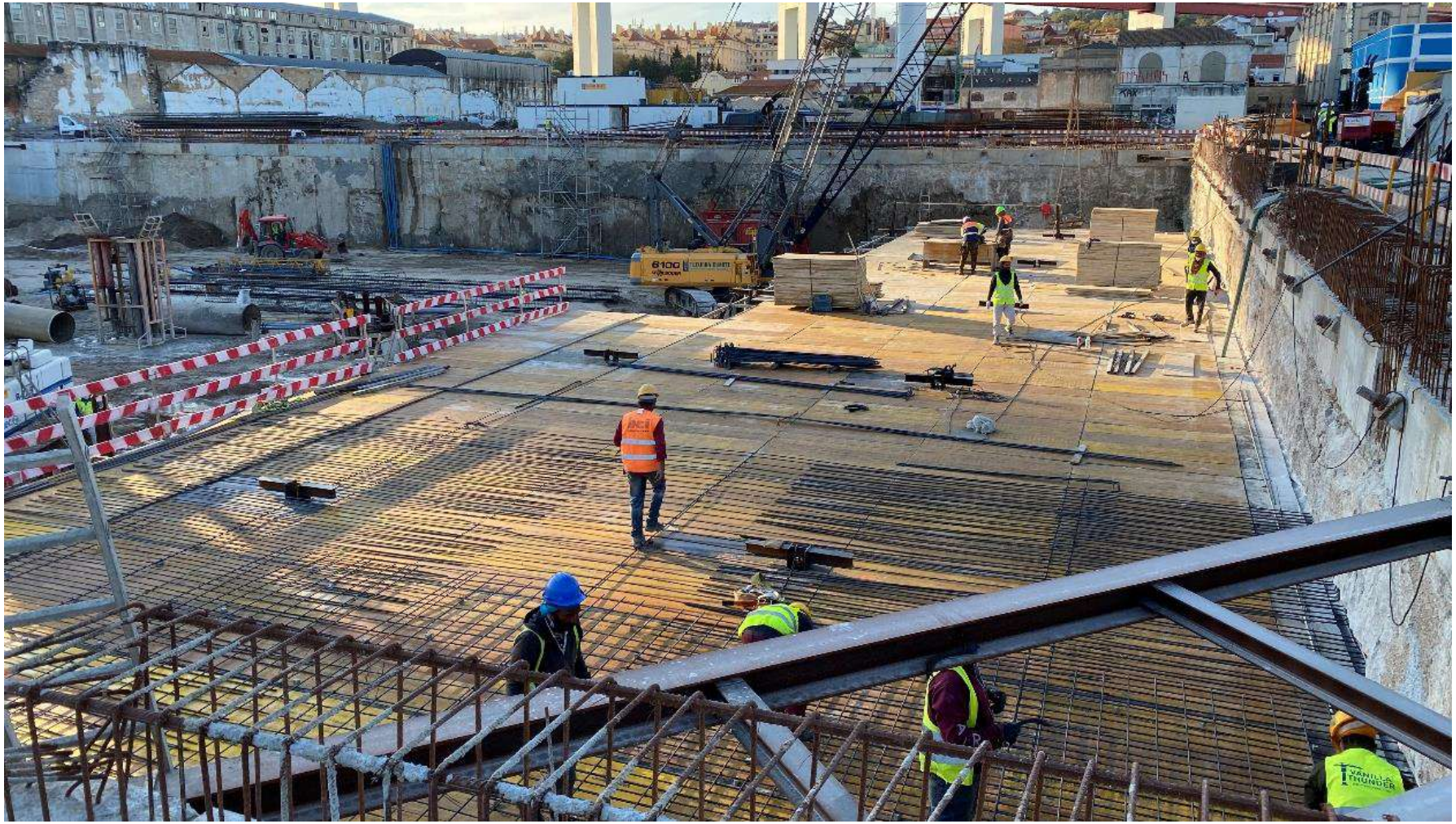
FASEAMENTO CONSTRUTIVO

FASEAMENTO CONSTRUTIVO

FASEAMENTO CONSTRUTIVO



FASEAMENTO CONSTRUTIVO



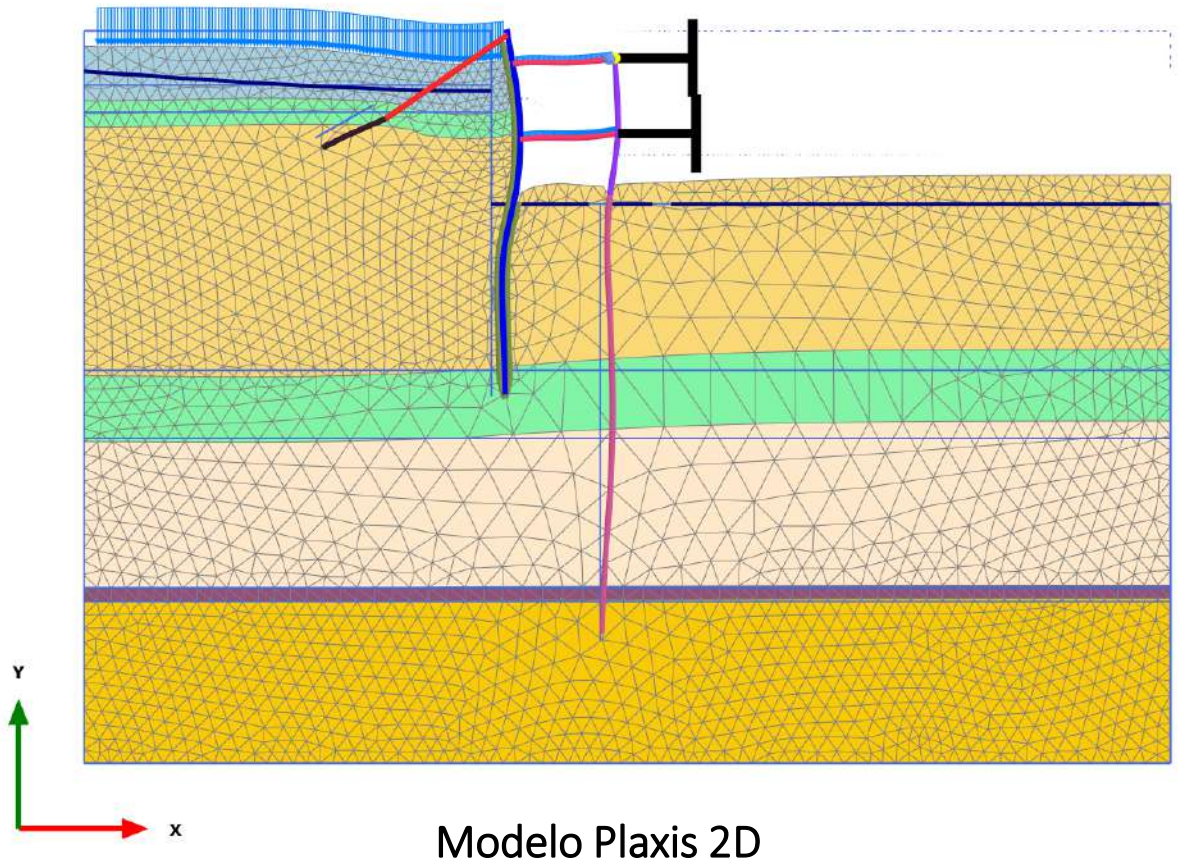
FASEAMENTO CONSTRUTIVO

FASEAMENTO CONSTRUTIVO

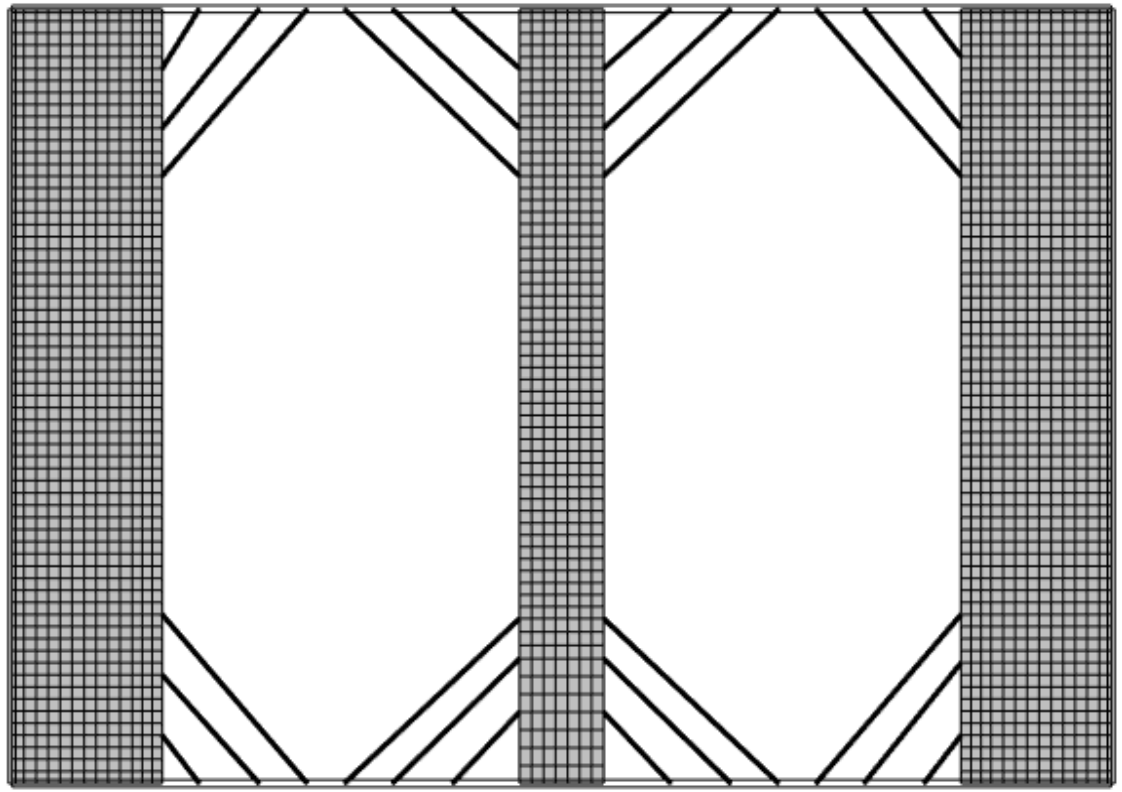
FASEAMENTO CONSTRUTIVO

FASEAMENTO CONSTRUTIVO

MODELOS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO

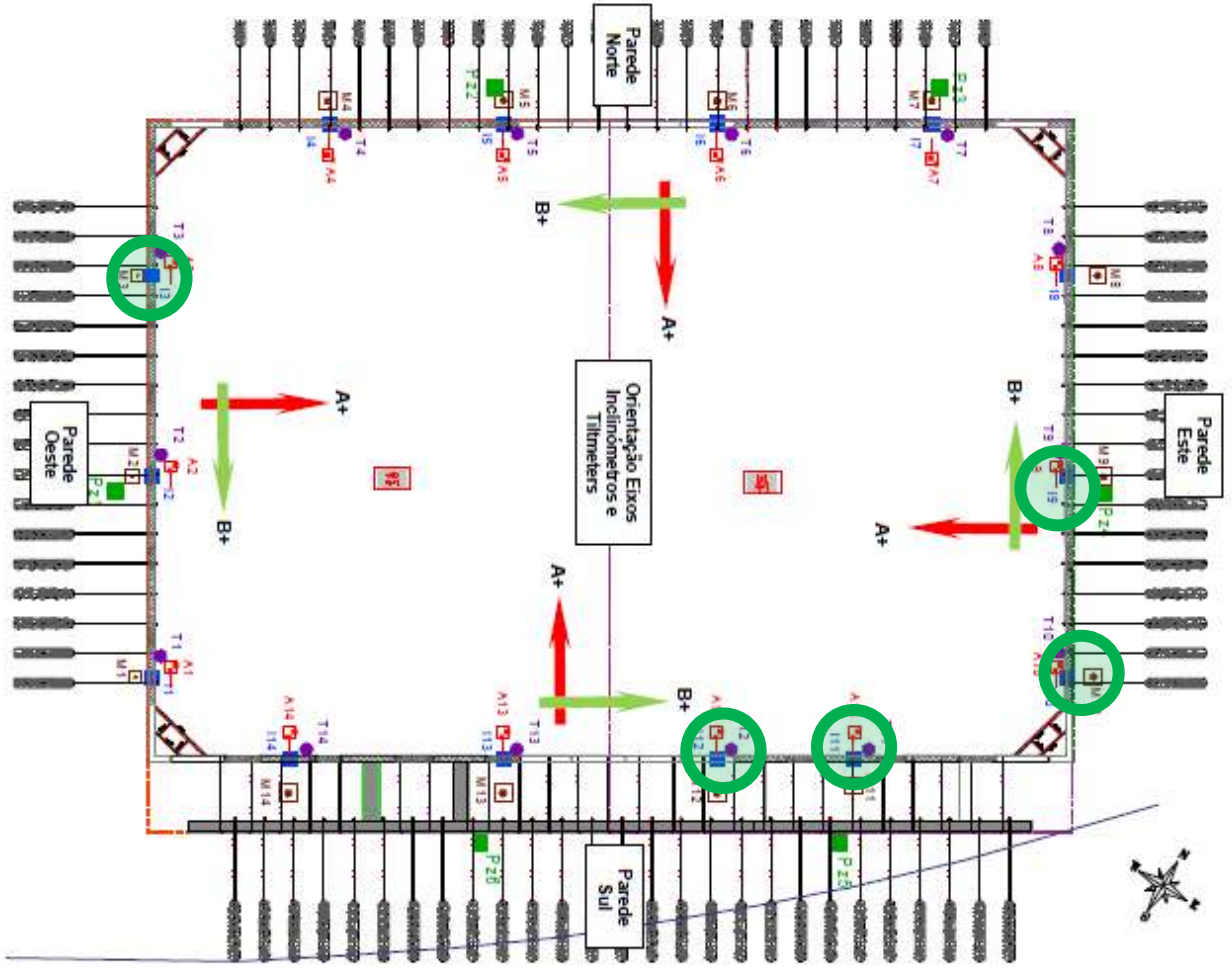


Modelo Plaxis 2D



Modelo SAP2000

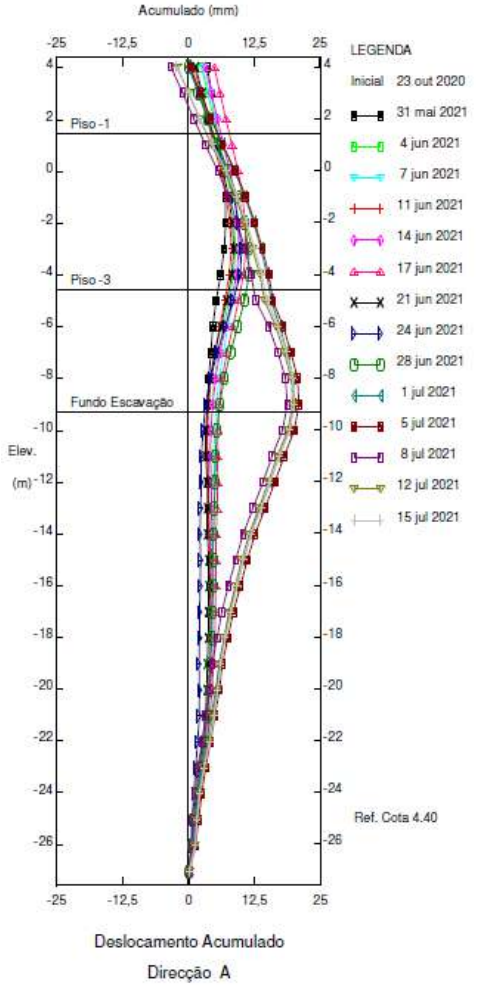
INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO



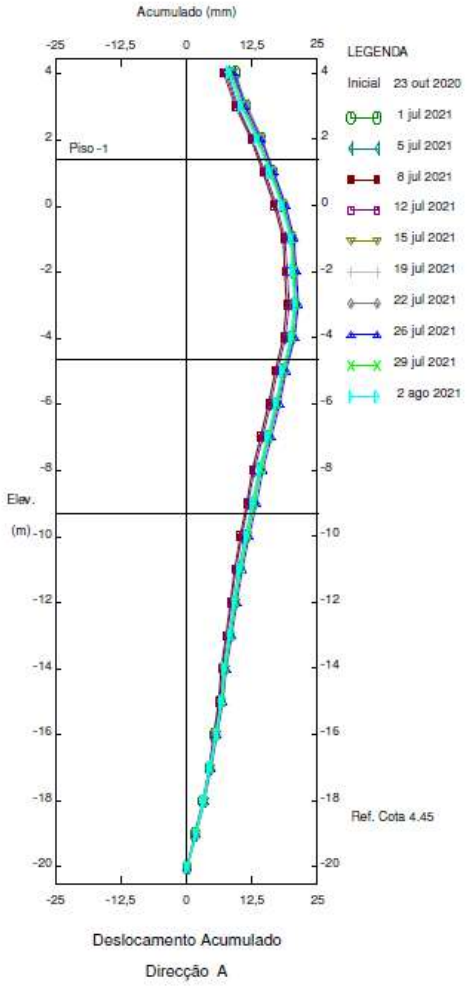
- 14 Inclinómetros
- 6 Piezómetros
- 14 Alvos topográficos
- 14 marcas de assentamento
- 28 tiltmeters

INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

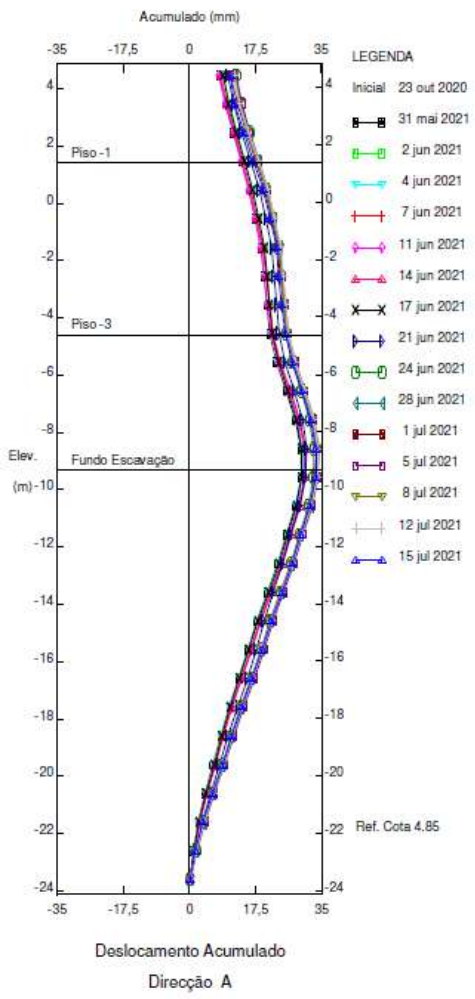
INCLINÓMETRO I3



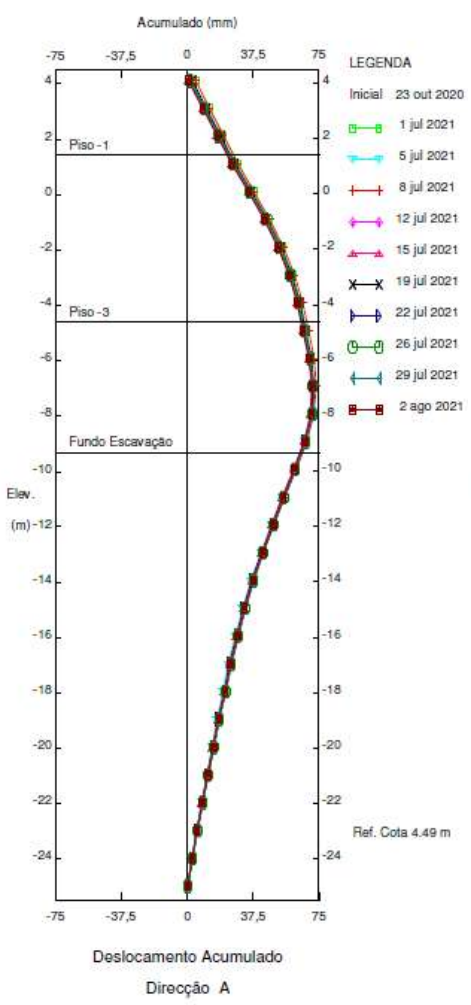
INCLINÓMETRO I9



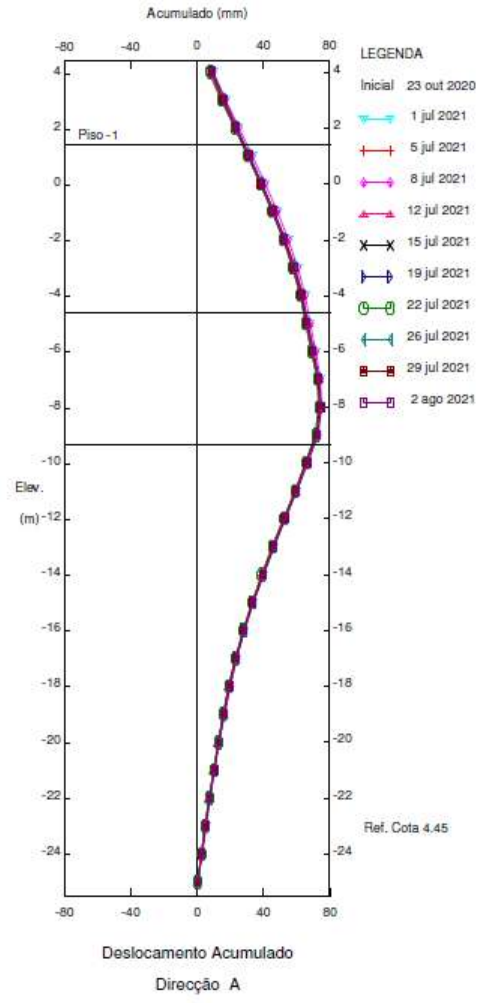
INCLINÓMETRO I10



INCLINÓMETRO I11



INCLINÓMETRO I12



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Importância da avaliação prévia das **Condicionantes Locais** (Arquitetura, Arqueologia, Infraestruturas)

Importância da realização de um **Estudo Geológico Geotécnico e Hidrogeológico** que caracterize os terrenos em profundidade

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

> Otimização de soluções

< Risco geotécnico

Escavação, Contenção Periférica e Fundações de um Edifício em Alcântara – Lisboa

AGRADECIMENTOS

Dono Obra

Fiscalização

Empreiteiro

Subempreiteiro Geotecnia

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

EDIFÍCIO TRAVESSA DO ABARRACAMENTO DE PENICHE Nº17, LISBOA

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO DE FACHADA

Pedro Marques, *pmarques@jetsj.com*

Alexandre Pinto, *apinto@jetsj.com*

ÍNDICE

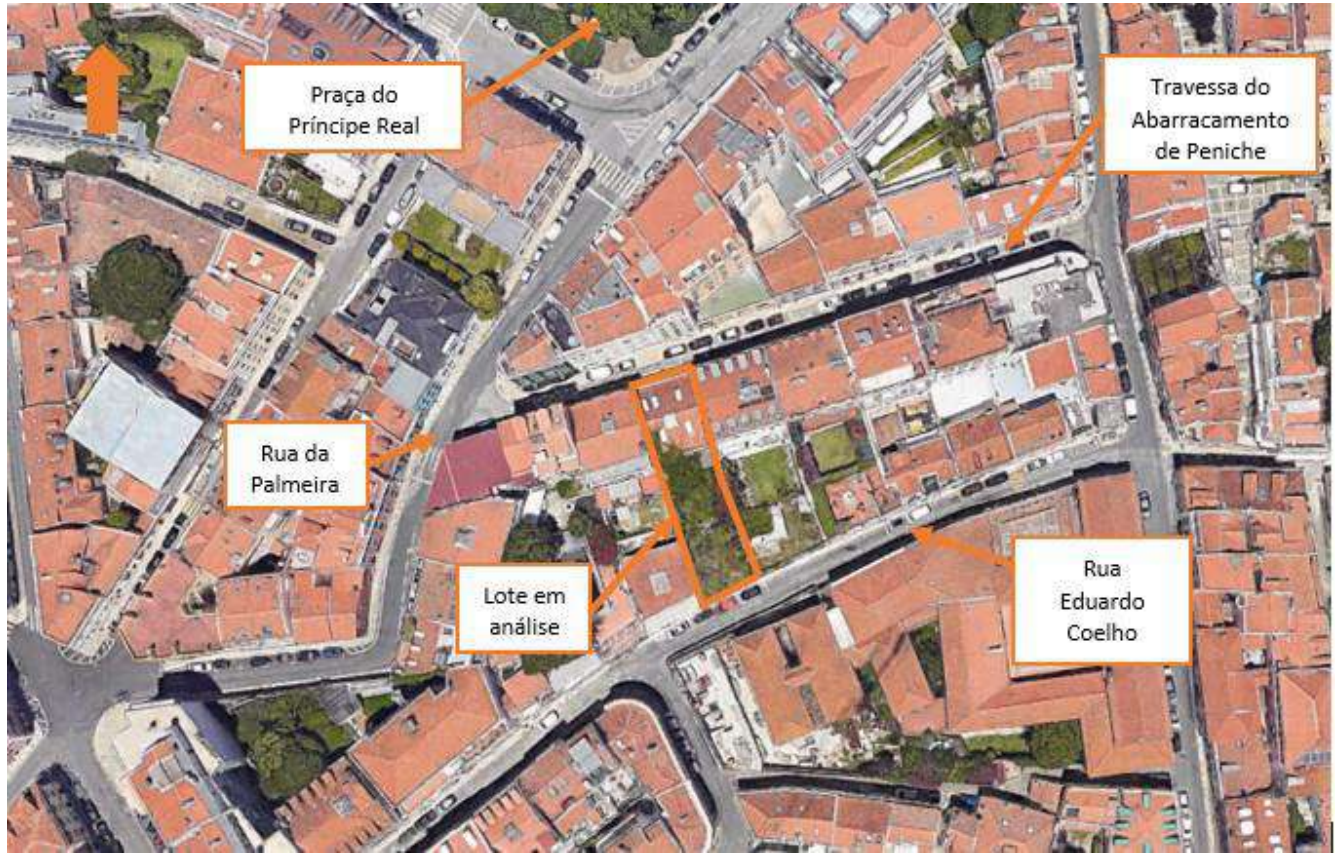
- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

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

ENQUADRAMENTO GERAL

- Novo edifício com preservação das fachadas
- Sito na Travessa do Abarracamento de Peniche e Rua Eduardo Coelho, Freguesia da Misericórdia, Lisboa
- Área ≈ 370 m2 (11mx35m)
- R/C + 3 pisos elevados + 3 pisos enterrados
- Profundidade da escavação ≈ 10 metros



ENQUADRAMENTO GERAL

- Novo edifício com preservação das fachadas
- Sito na Travessa do Abarracamento de Peniche e Rua Eduardo Coelho, Freguesia da Misericórdia, Lisboa
- Área ≈ 370 m2 (11mx35m)
- R/C + 3 pisos elevados + 3 pisos enterrados
- Profundidade da escavação ≈ 10 metros

ÍNDICE

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

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

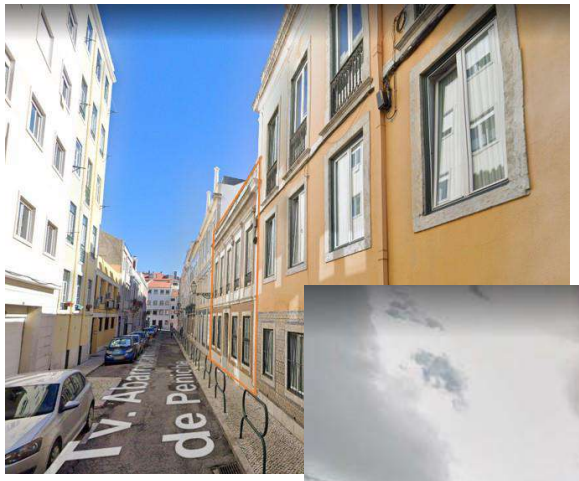
De localização:

- **Travessa do Abarracamento de Peniche**
- Rua Eduardo Coelho
- Arruamentos condicionados
- Zona histórica com malha urbana muito densa

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

De localização:

- Travessa do Abarracamento de Peniche
- **Rua Eduardo Coelho**
- Arruamentos condicionados
- Zona histórica com malha urbana muito densa



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

De localização:

- Travessa do Abarracamento de Peniche
- Rua Eduardo Coelho
- **Arruamentos condicionados**
- **Zona histórica com malha urbana muito densa**

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

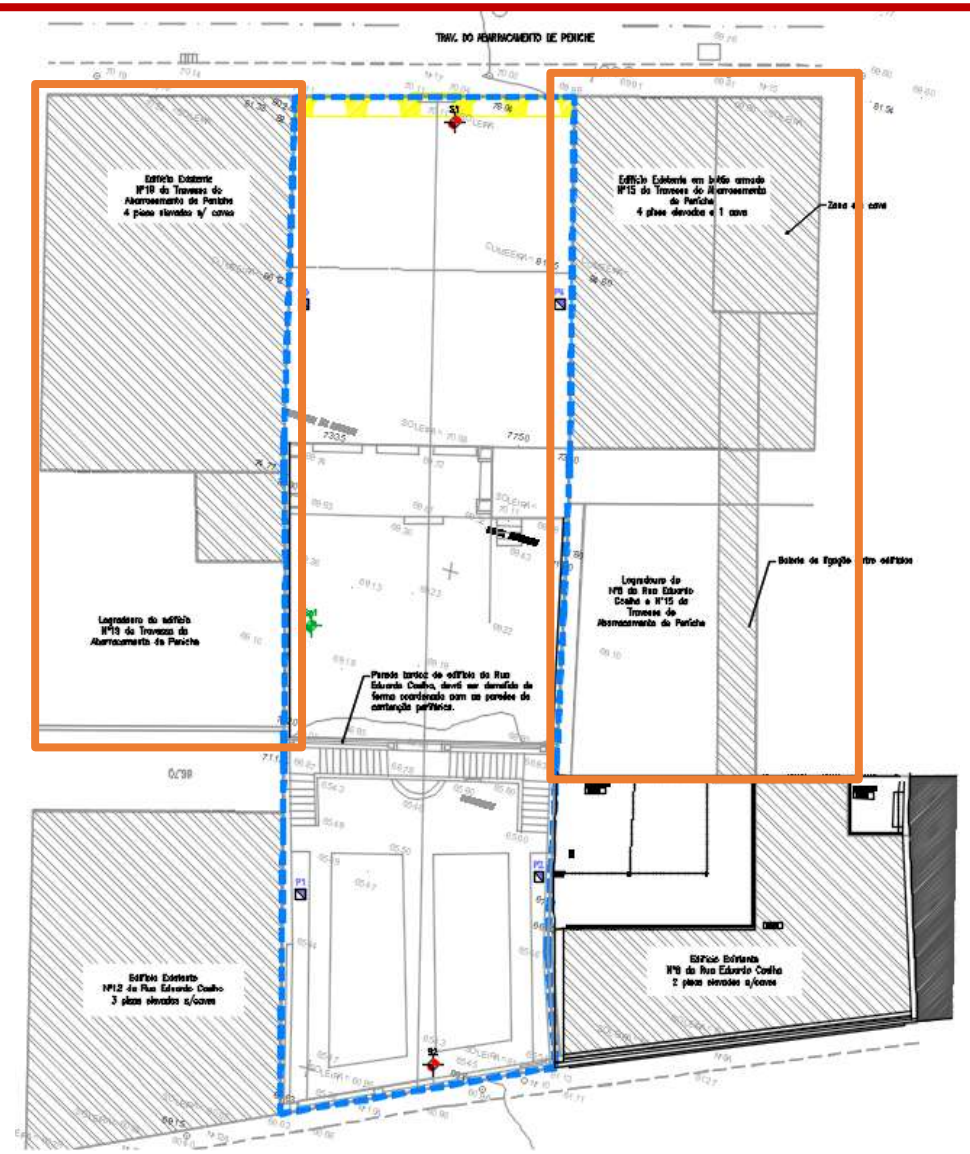
Demolições:

- Estruturas de travamento das empenas e fachadas

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Estruturas vizinhas:

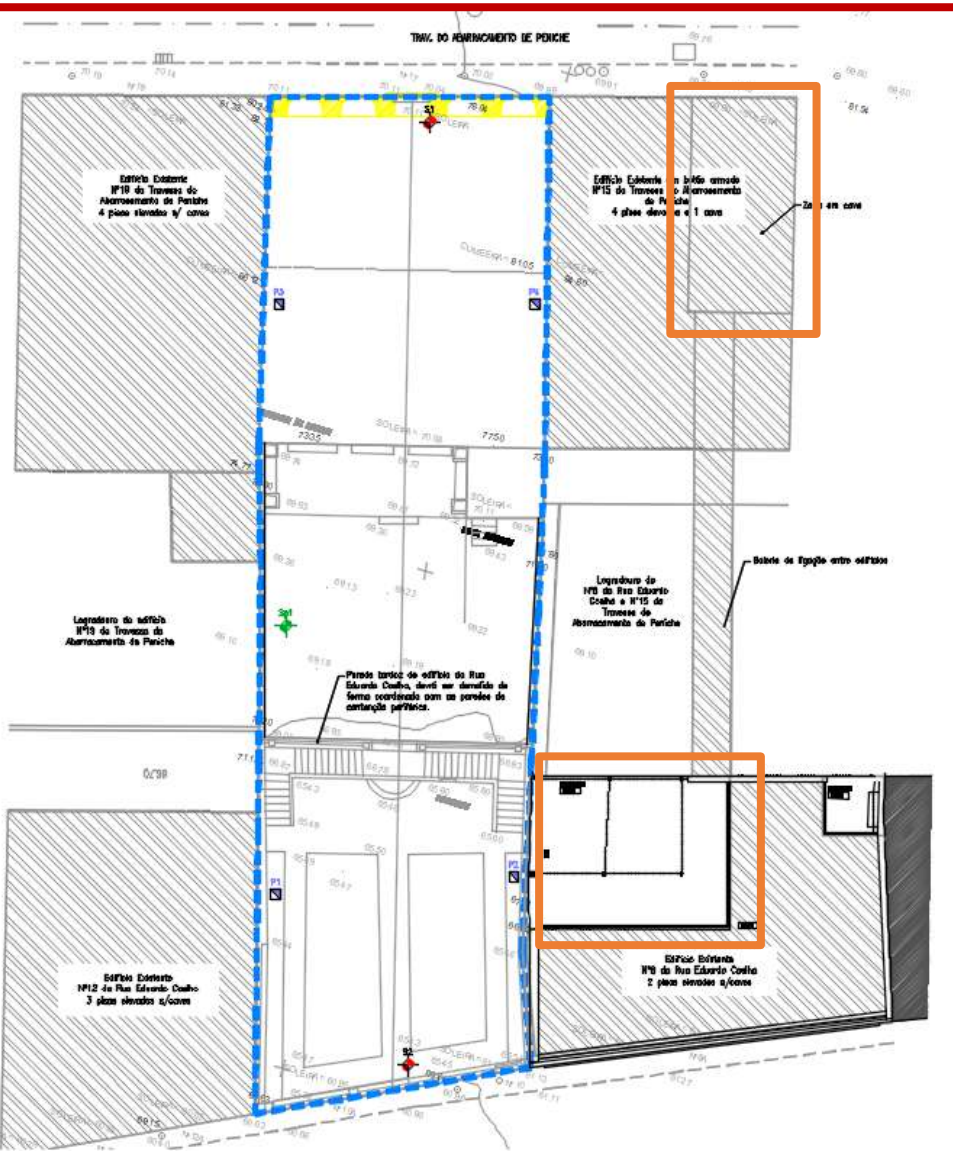
- **Edifícios centenários**
- Semi cave no edifício vizinho
- Galeria de transição no logradouro vizinho (≈3m profundidade)



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Estruturas vizinhas:

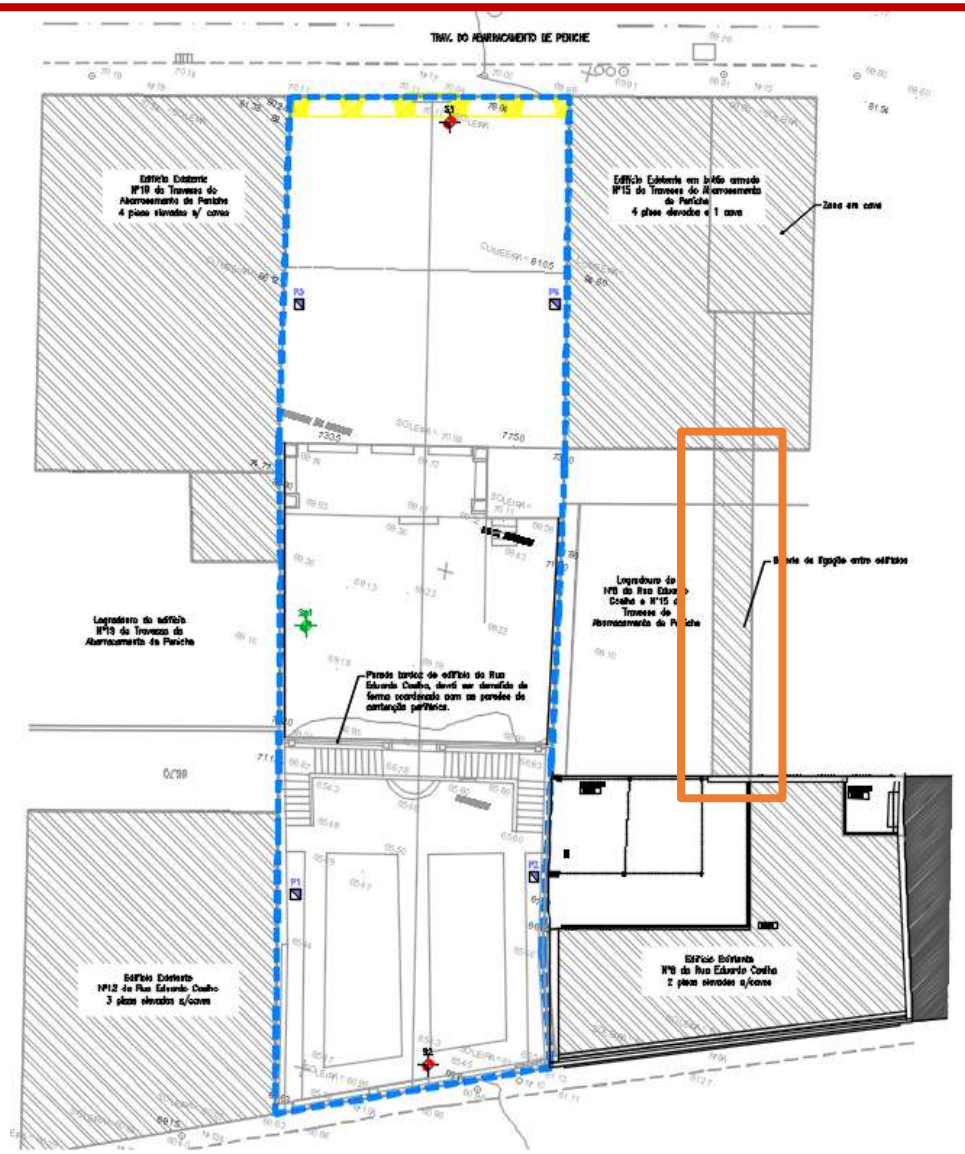
- Edifícios centenários
- **Semi cave no edifício vizinho**
- Galeria de transição no logradouro vizinho (≈3m profundidade)



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Estruturas enterradas:

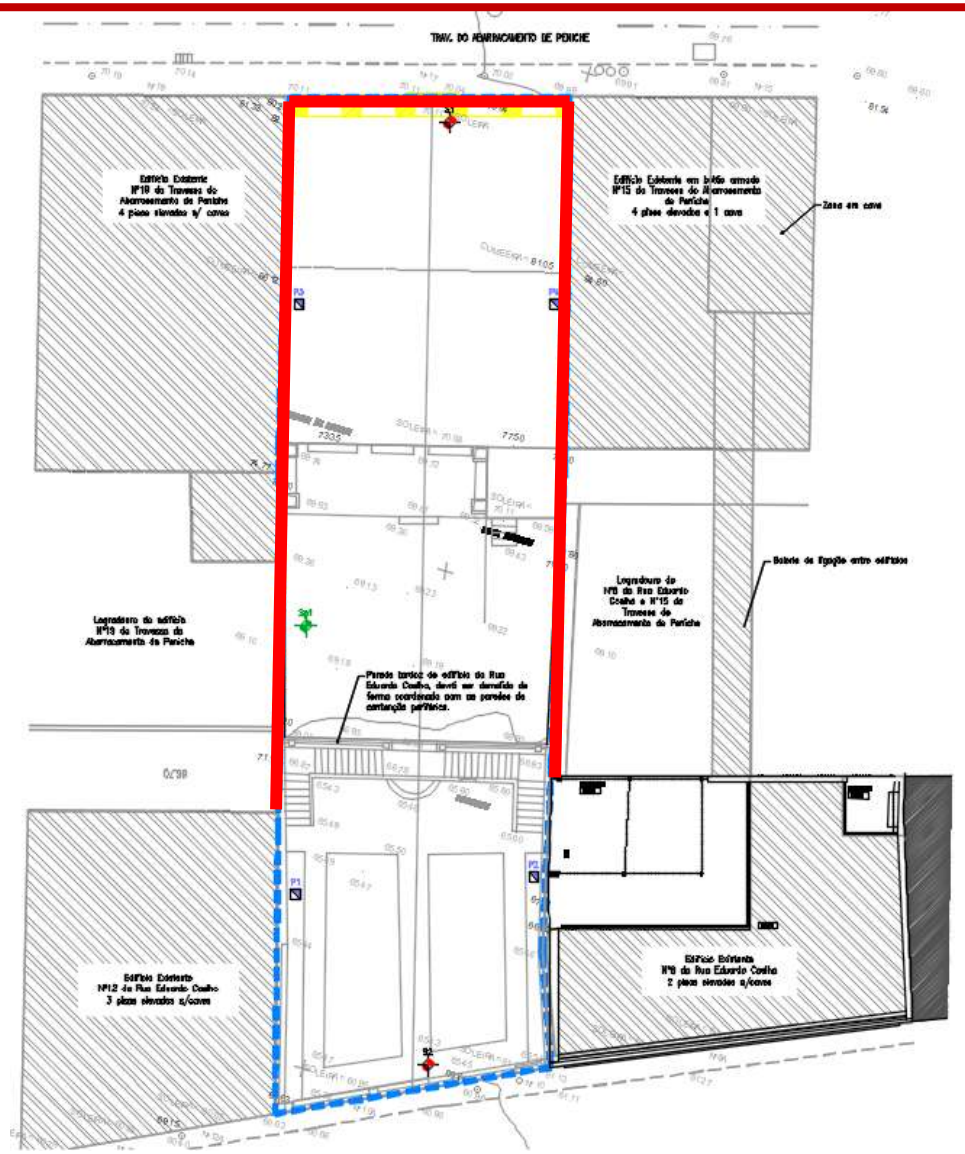
- Edifícios centenários
- Semi cave no edifício vizinho
- **Galeria de transição no logradouro vizinho (≈3m profundidade)**



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Arquitetónicos:

- **Alinhamentos interiores das paredes das caves coincidentes com os atuais (Recalçamento)**
  - Recalçamento da fachada principal a norte
  - Recalçamento de empena meeira a Poente, com preservação das funcionalidades do edifício vizinho
  - Recalçamento da empena a Nascente
  - Recalçamento dos muros meeiros do logradouro poente e nascente



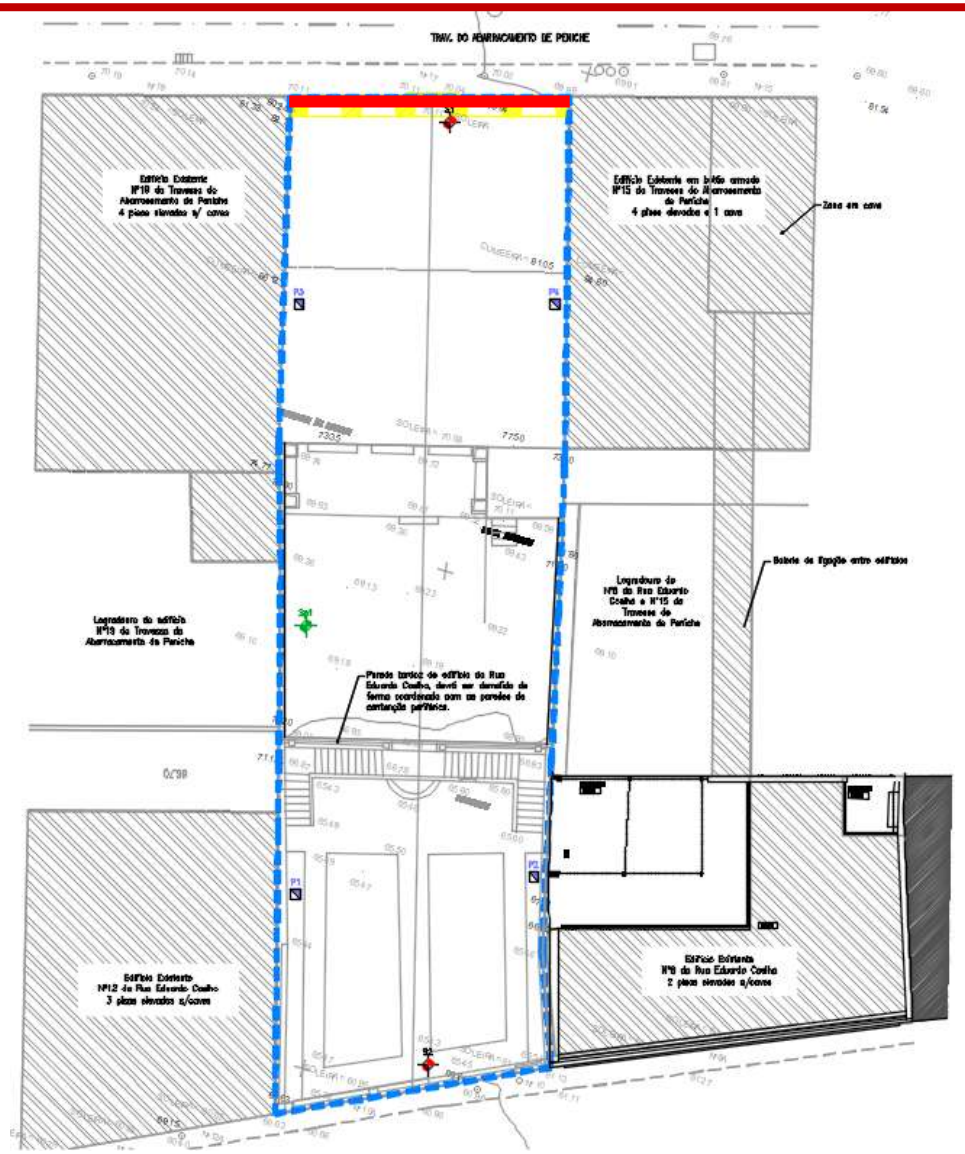
PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Arquitetónicos:

- Alinhamentos interiores das paredes das caves

  coincidentes com os atuais (Recalçamento)

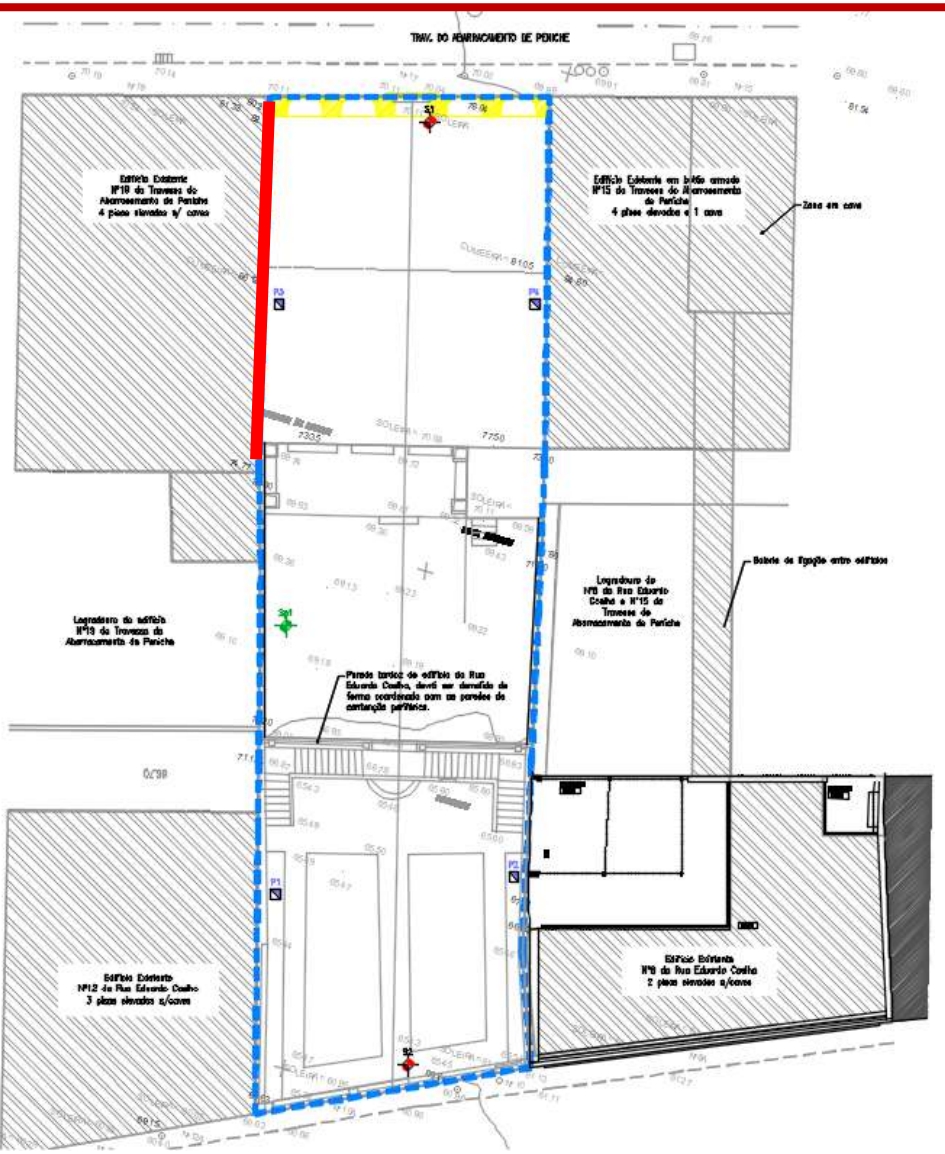
  - **Recalçamento da fachada principal a norte**
  - Recalçamento de empena meeira a Poente, com preservação das funcionalidades do edifício vizinho
  - Recalçamento da empena a Nascente
  - Recalçamento dos muros meeiros do logradouro poente e nascente



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Arquitetónicos:

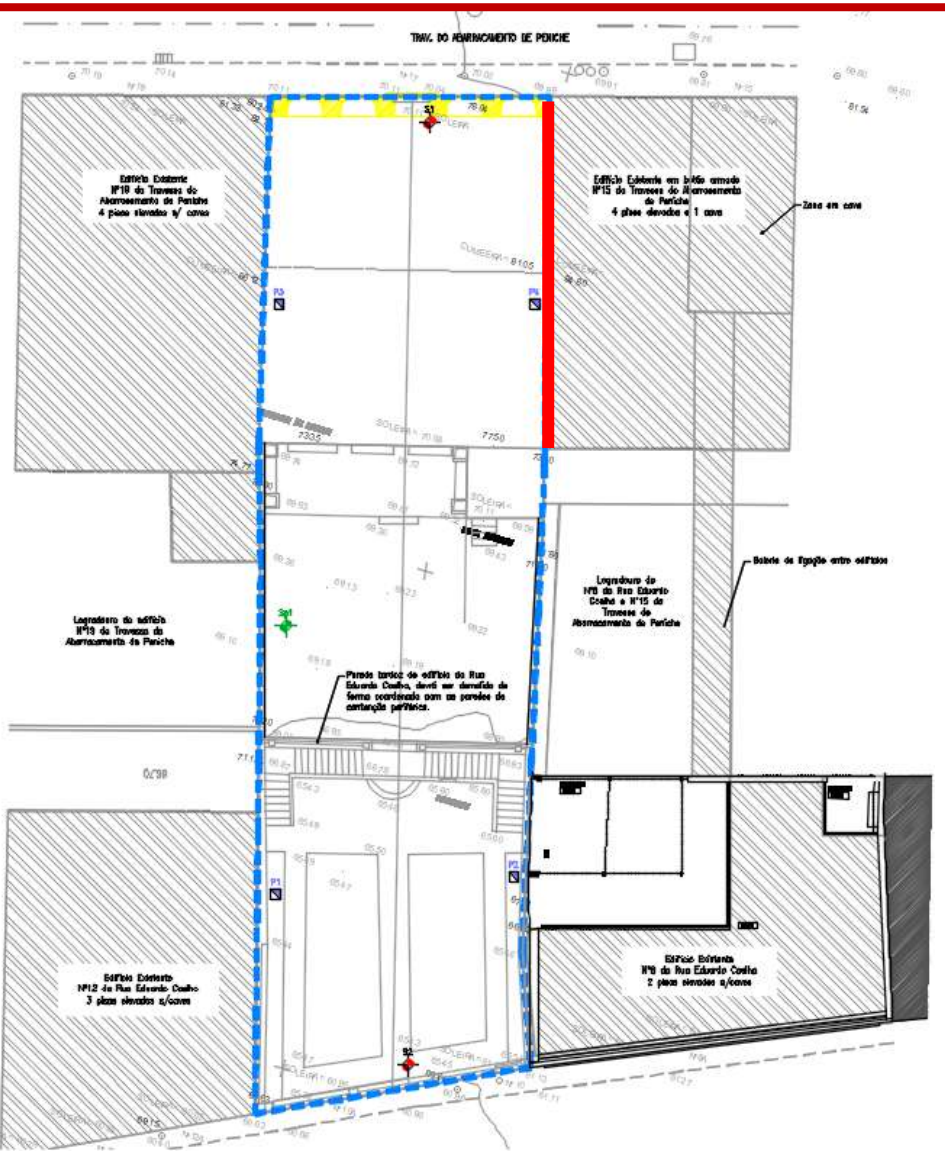
- Alinhamentos interiores das paredes das caves coincidentes com os atuais (Recalçamento)
  - Recalçamento da fachada principal a norte
  - **Recalçamento de empena meeira a Poente, com preservação das funcionalidades do edifício vizinho**
  - Recalçamento da empena a Nascente
  - Recalçamento dos muros meeiros do logradouro poente e nascente



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Arquitetónicos:

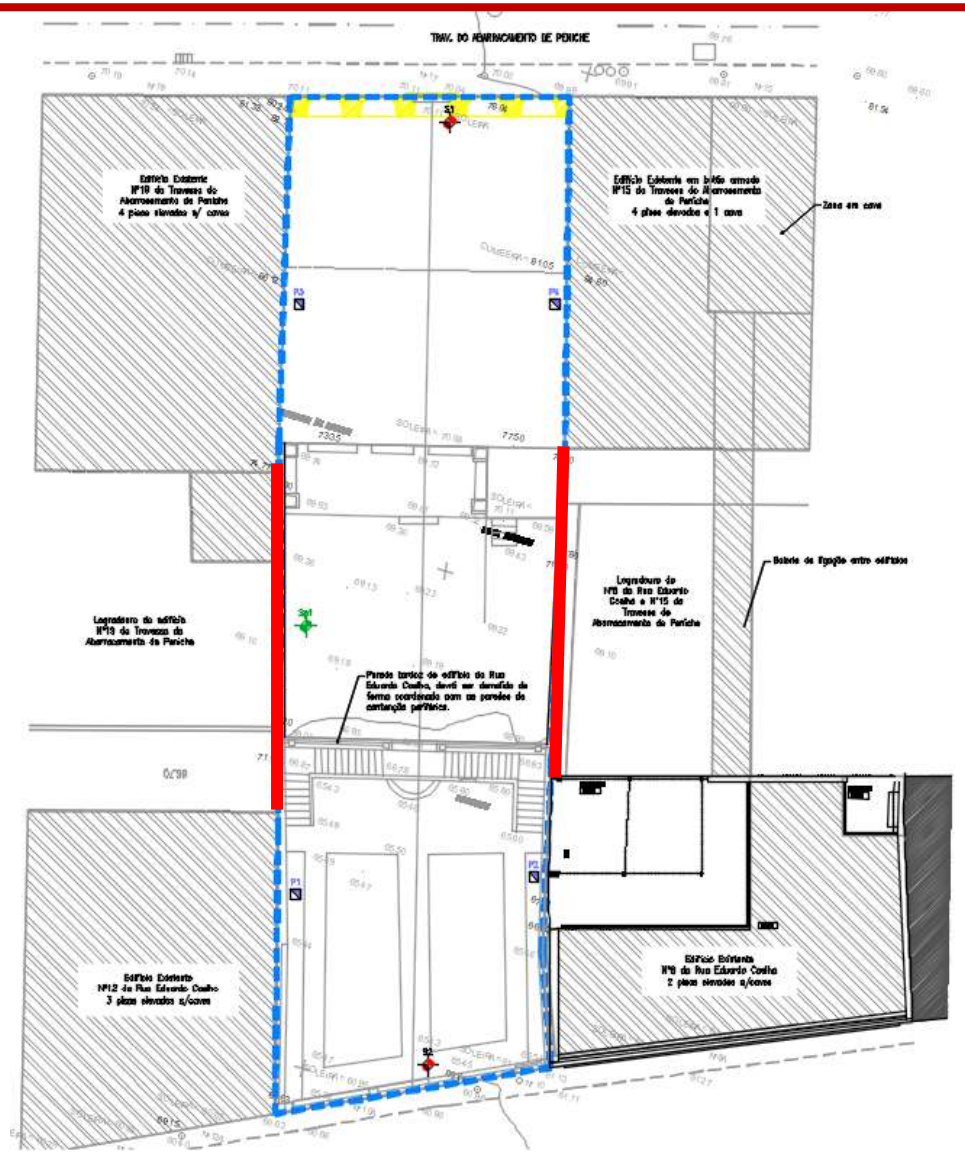
- Alinhamentos interiores das paredes das caves coincidentes com os atuais (Recalçamento)
  - Recalçamento da fachada principal a norte
  - Recalçamento de empena meeira a Poente, com preservação das funcionalidades do edifício vizinho
  - **Recalçamento da empena a Nascente**
  - Recalçamento dos muros meeiros do logradouro poente e nascente



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Arquitetónicos:

- Alinhamentos interiores das paredes das caves coincidentes com os atuais (Recalçamento)
  - Recalçamento da fachada principal a norte
  - Recalçamento de empena meeira a Poente, com preservação das funcionalidades do edifício vizinho
  - Recalçamento da empena a Nascente
  - **Recalçamento dos muros meeiros do logradouro poente e nascente**

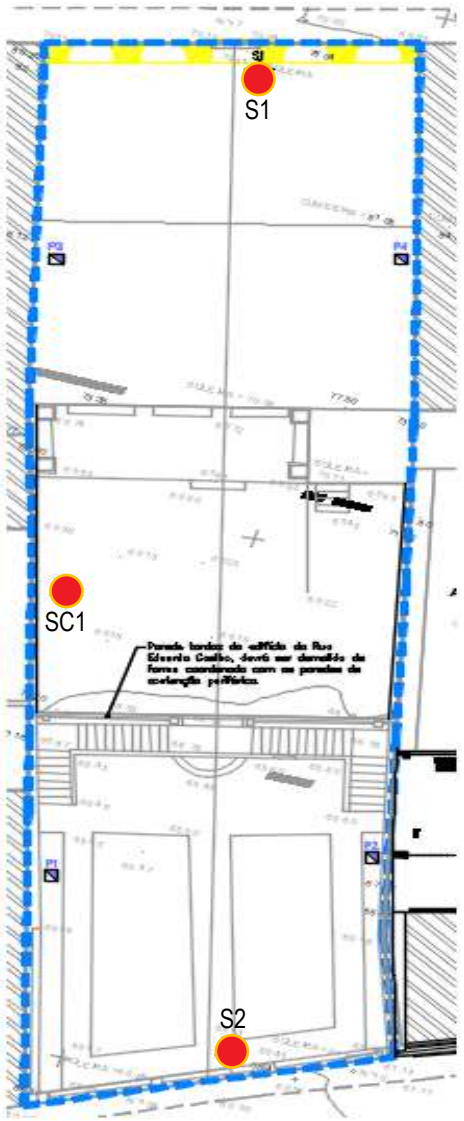


PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Geológicos e Geotécnicos:

- 3 Sondagens à rotação
  - ≈ 4 metros de depósitos de aterro
  - ≈ 6 metros de "Argilas e Calcários dos Prazeres" descomprimidas do Miocénico
  - "Argilas e Calcários dos Prazeres" com Nspt > 60, do Miocénico

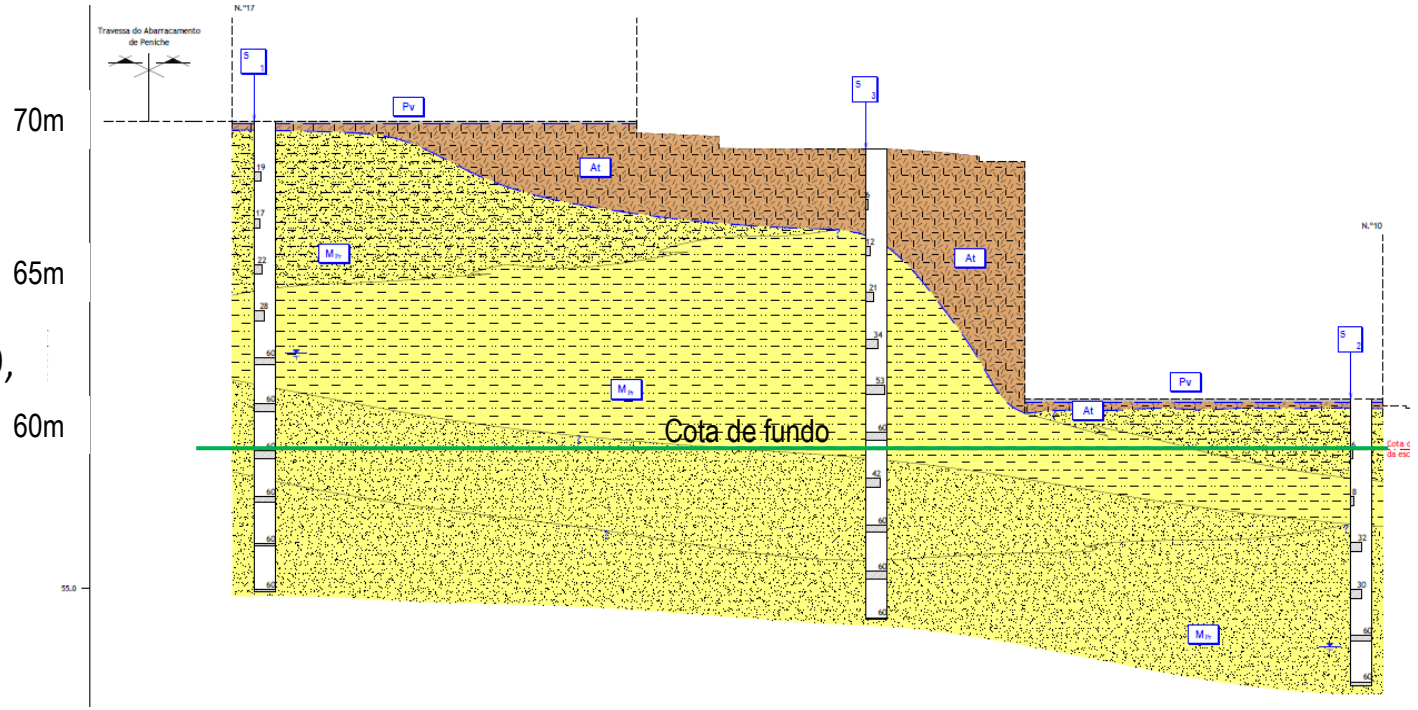
- 4 poços de prospeção das fundações existentes
  - Fundações a ≈ 1,2m



PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Geológicos e Geotécnicos:

- 3 Sondagens à rotação
  - ≈ 4 metros de depósitos de aterro
  - ≈ 6 metros de "Argilas e Calcários dos Prazeres" descomprimidas do Miocénico
  - "Argilas e Calcários dos Prazeres" com Nspt > 60, do Miocénico

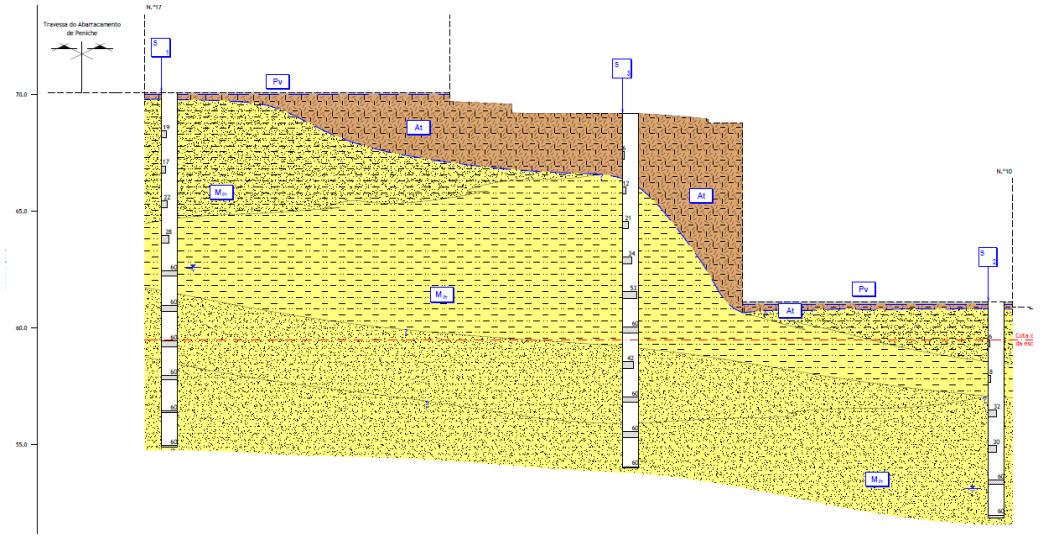


- 4 poços de prospeção das fundações existentes
  - Fundações a ≈ 1,2m

PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS

Geológicos e Geotécnicos:

- 3 Sondagens à rotação
  - ≈ 4 metros de depósitos de aterro
  - ≈ 6 metros de "Argilas e Calcários dos Prazeres" descomprimidas do Miocénico
  - "Argilas e Calcários dos Prazeres" com Nspt > 60, do Miocénico
- 4 poços de prospeção das fundações existentes
  - Fundações a ≈ 1,2m



Zona Geotécnica	Formações	N_{SPT}	γ [kN/m3]	Ø' [°]	c' [kPa]	E' [MPa]
Aterro	Depósitos de aterro silto-argilosos, algo pedregosos	< 10	18	25	-	5
ZG1A	"Argilas e Calcários dos Prazeres" descomprimida – Areias finas siltosas a silto-argilosas micáceas	< 22	19	32	2	25
ZG1B	"Argilas e Calcários dos Prazeres" descomprimida – silte argiloso por vezes micáceo ou carbonatado	< 30	19	28	5	20
ZG2	"Argilas e Calcários dos Prazeres" – Areia média a fina levemente siltosa a silto-argilosa e fortemente micácea	60	20	35	5	60

ÍNDICE

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

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

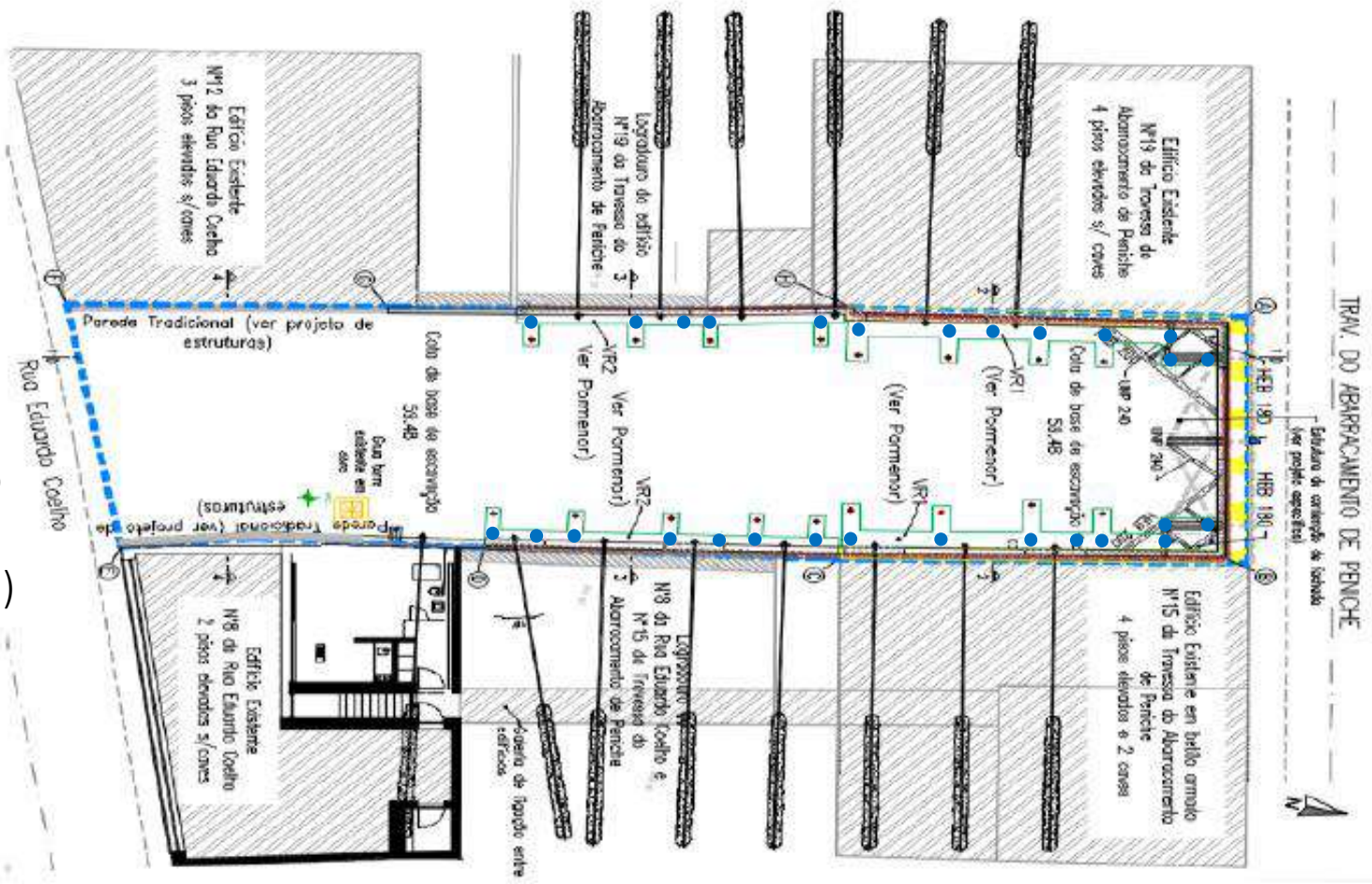
Contenção periférica:

- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): **Ø177,8x9mm**, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e **Ø250mm** injetadas com sistema IRS (CS≈**8m**,6m e 4m)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

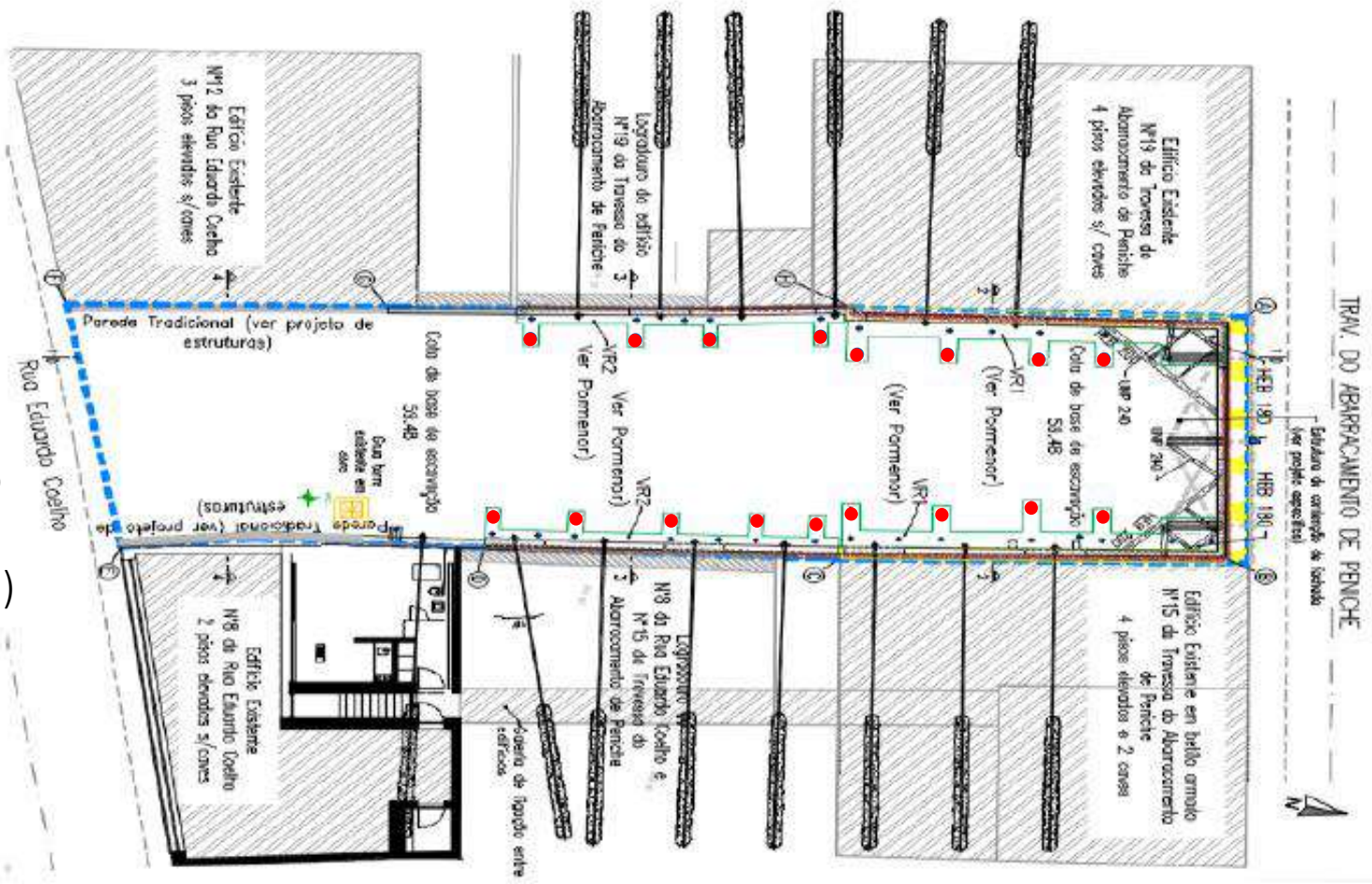
- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, **Ø139,7x10mm** e Ø114,3x9mm, furação **Ø200mm** e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,**6m** e 4m)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR



SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

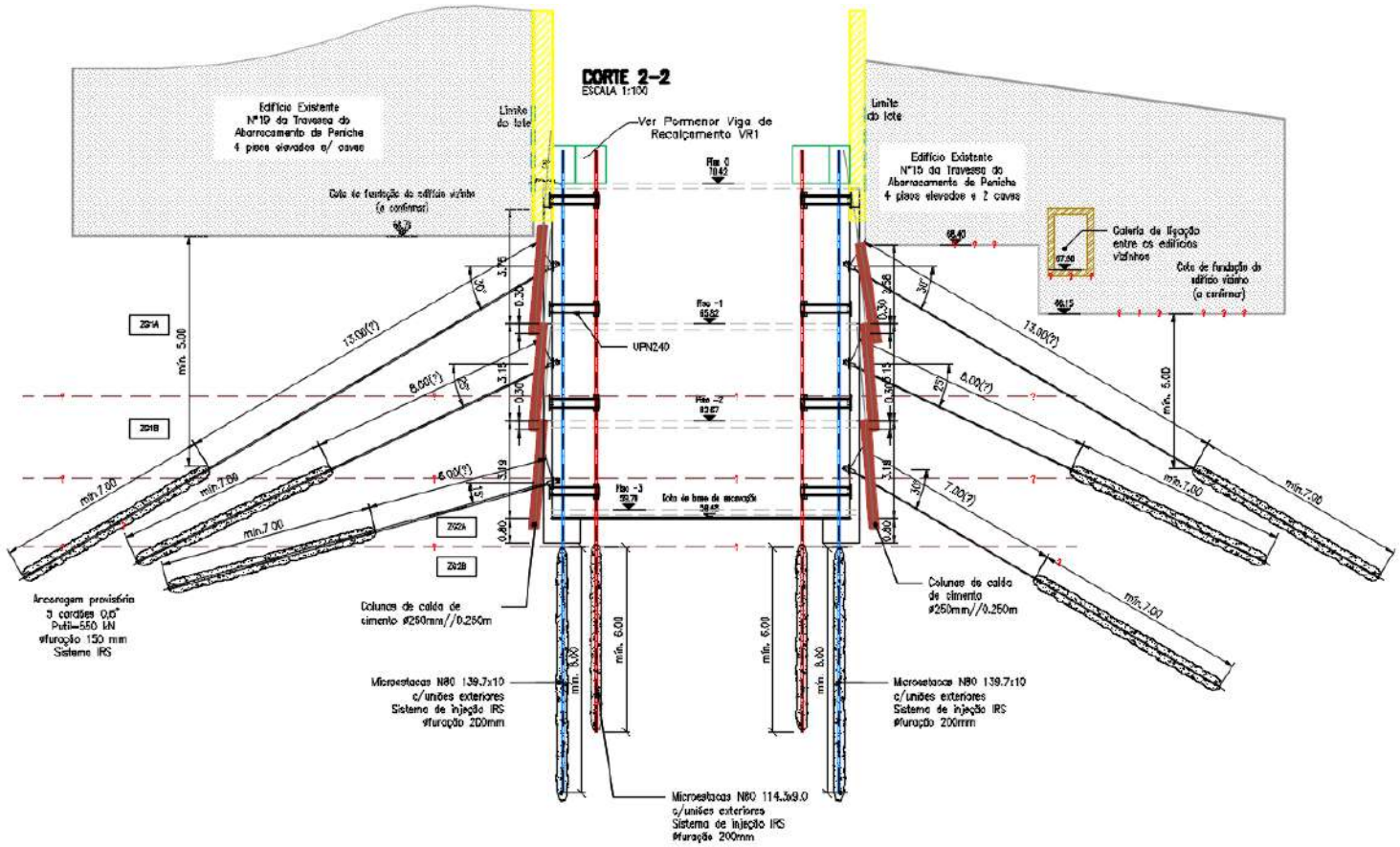
- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e **Ø114,3x9mm**, furação **Ø200mm** e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e **4m**)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR



SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

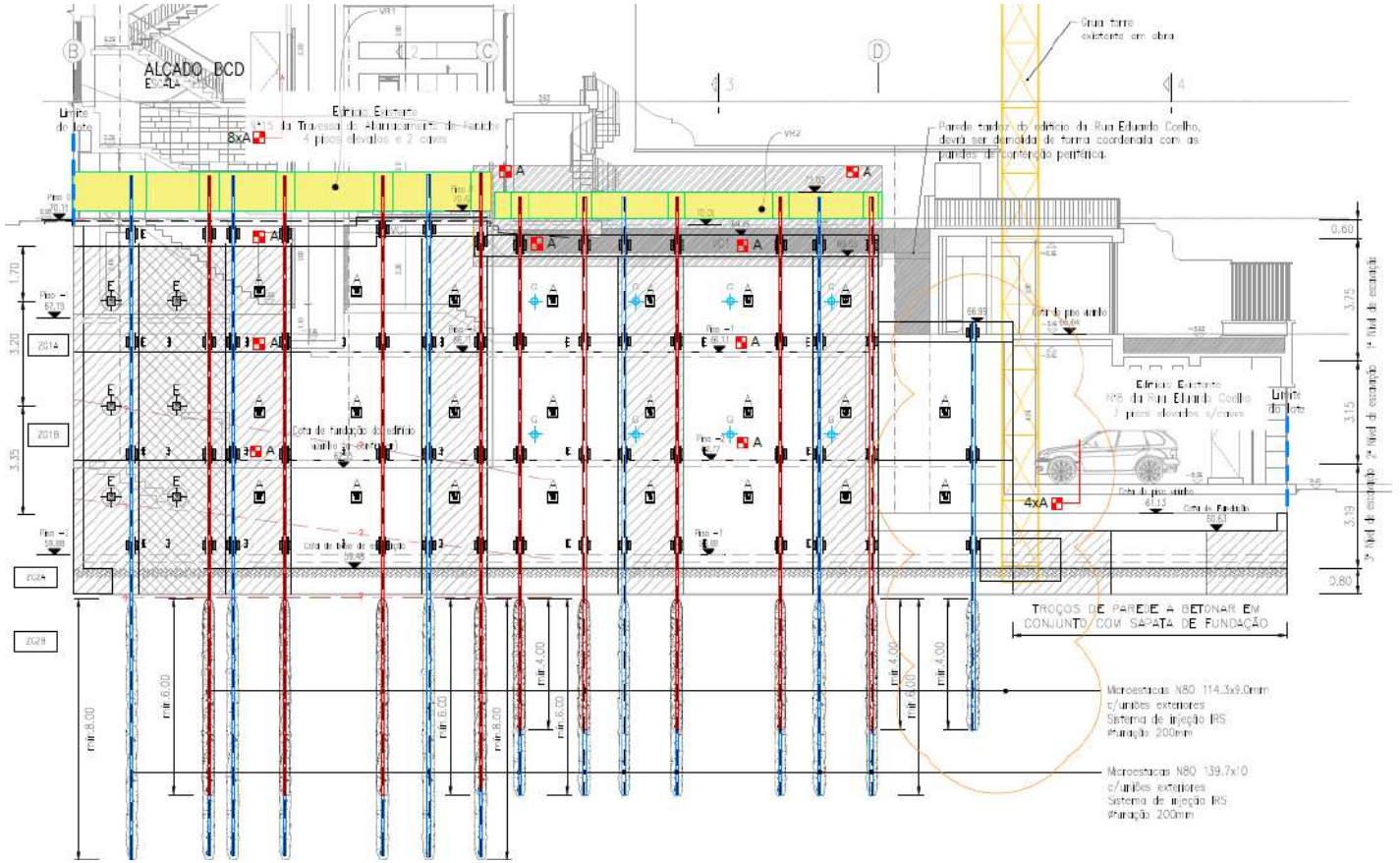
- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - **Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)**
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR



SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

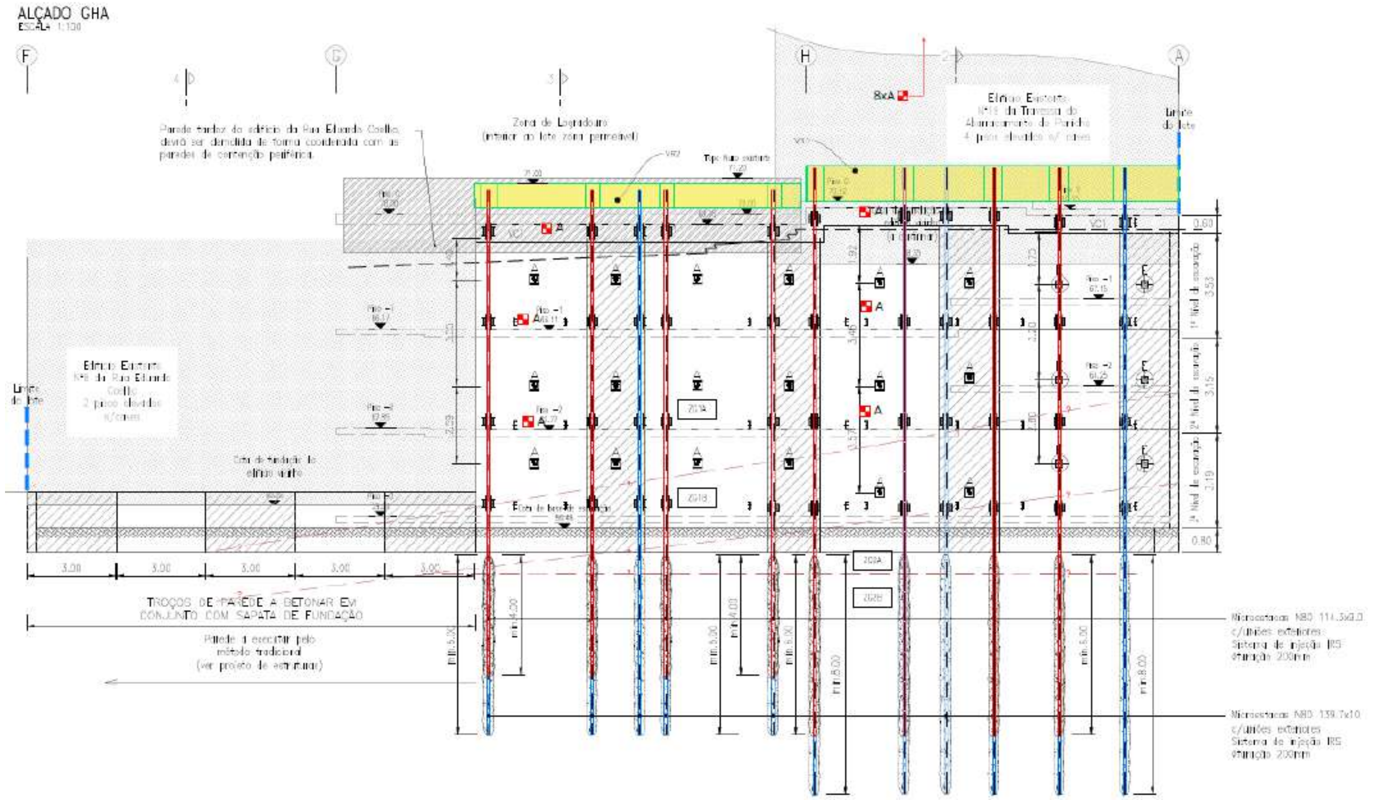
- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR



SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR



SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Contenção periférica:

- Colunas de calda de cimento Ø300//0.30m
- Berlim Definitivo (e=0.30m)
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Ancoragens: 3 níveis, 5 cordões, Pré esforço útil de 500kN, furação Ø150mm injetadas com sistema IRS (CL≈13m, 8m e 6m; CS≈7m)
  - **Escoras: HEB 180 e 200 em aço S275 JR**

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

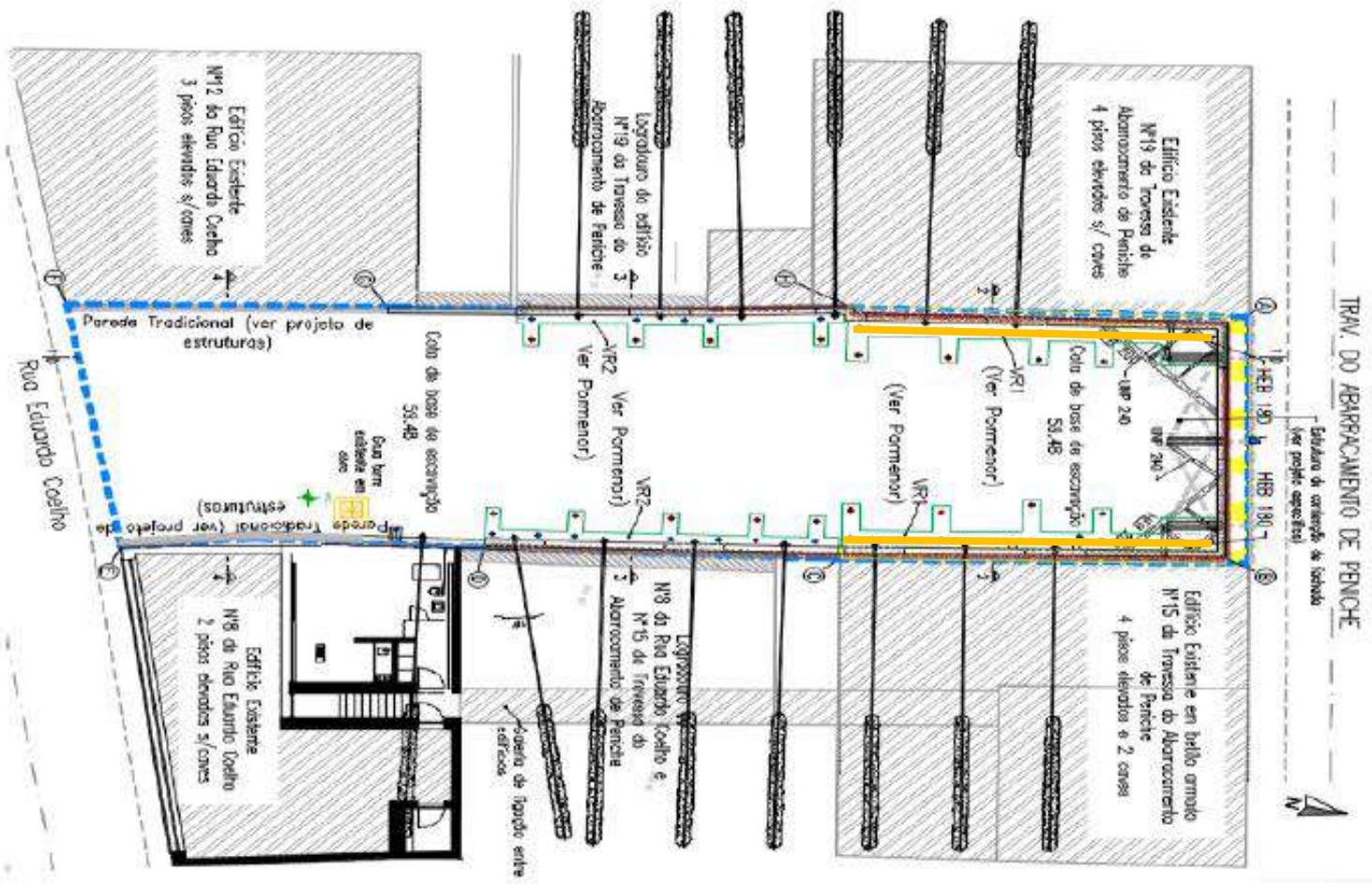
Recalçamento de fachadas e empenas:

- Solução de Recalçamento
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Vigas de recalçamento: 0,70x1,20m e 0,70x0,80m
  - Binário: 1,20m e 1,05m
  - Ferrolhos Ø16mm//0,3m e 0,5m selados com bucha Hilti RE-100

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Recalçamento de fachadas e empenas:

- Solução de Recalçamento
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Vigas de recalçamento: **0,70x1,20m** e 0,70x0,80m
  - Binário: **1,20m** e 1,05m
  - Ferrolhos **Ø16mm//0,3m** e 0,5m selados com bucha Hilti RE-100



SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Recalçamento de fachadas e empenas:

- Solução de Recalçamento
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Vigas de recalçamento: 0,70x1,20m e **0,70x0,80m**
  - Binário: 1,20m e **1,05m**
  - Ferrolhos **Ø16mm//**0,3m e **0,5m** selados com bucha Hilti RE-100

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Recalçamento de fachadas e empenas:

- Solução de Recalçamento
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Vigas de recalçamento: 0,70x1,20m e 0,70x0,80m
  - Binário: 1,20m e 1,05m
  - Ferrolhos Ø16mm//0,3m e 0,5m selados com bucha Hilti RE-100

SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO

Recalçamento de fachadas e empenas:

- Solução de Recalçamento
  - Microestacas N80 (API5A): Ø177,8x9mm, Ø139,7x10mm e Ø114,3x9mm, furação Ø200mm e Ø250mm injetadas com sistema IRS (CS≈8m,6m e 4m)
  - Vigas de recalçamento: 0,70x1,20m e 0,70x0,80m
  - Binário: 1,20m e 1,05m
  - Ferrolhos Ø16mm//0,3m e 0,5m selados com bucha Hilti RE-100

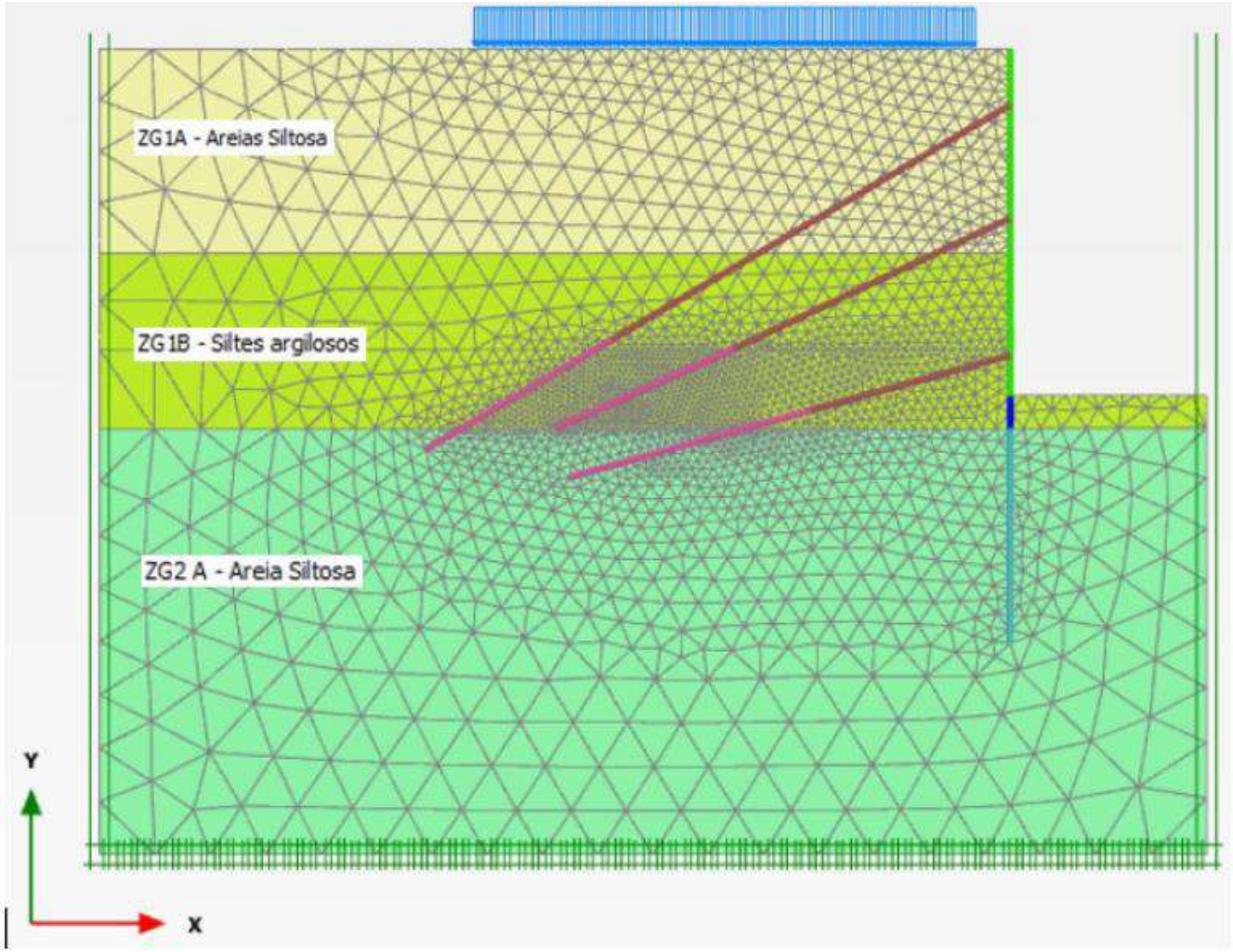
ÍNDICE

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

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Contenção periférica:

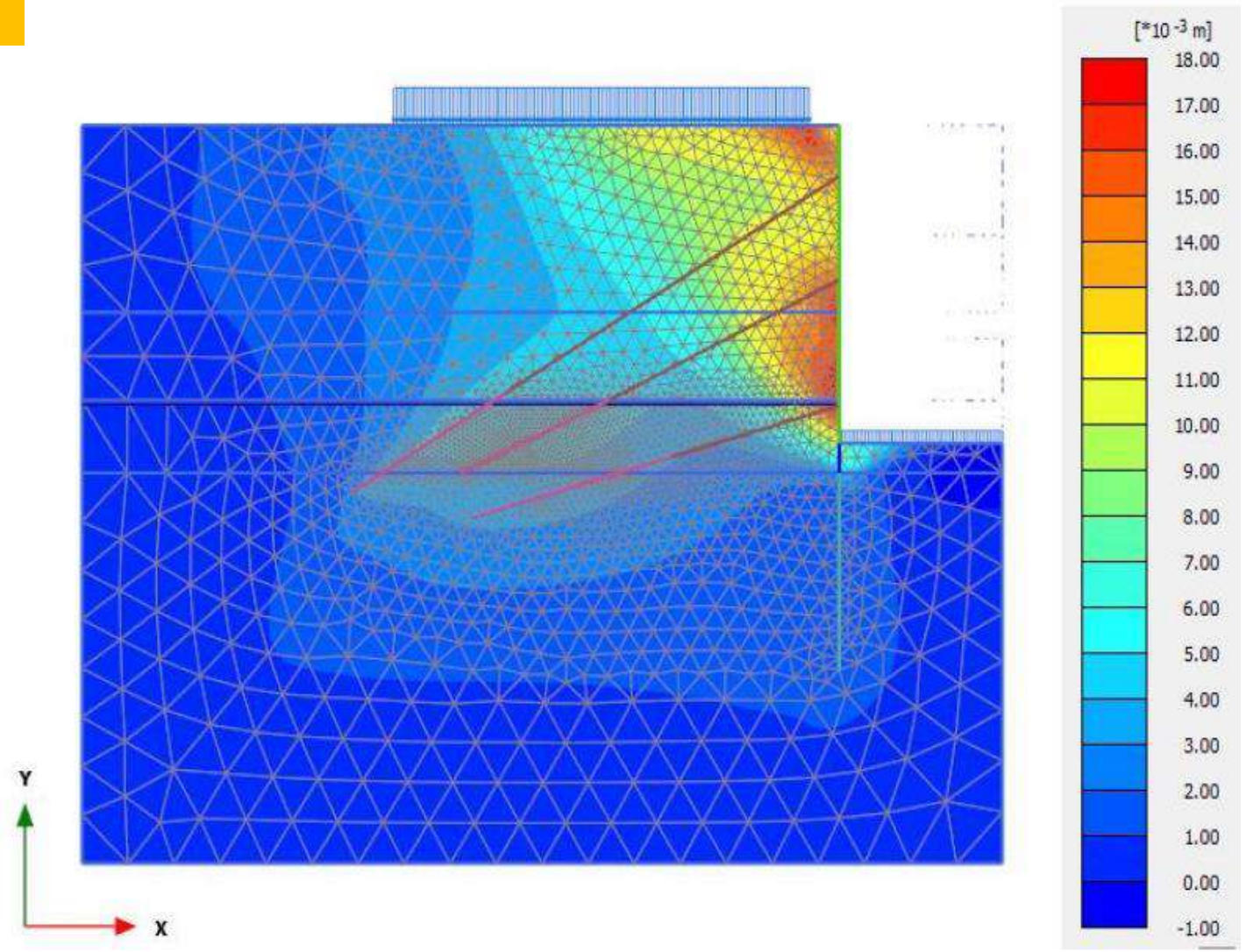
- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações



ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Contenção periférica:

- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações



ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

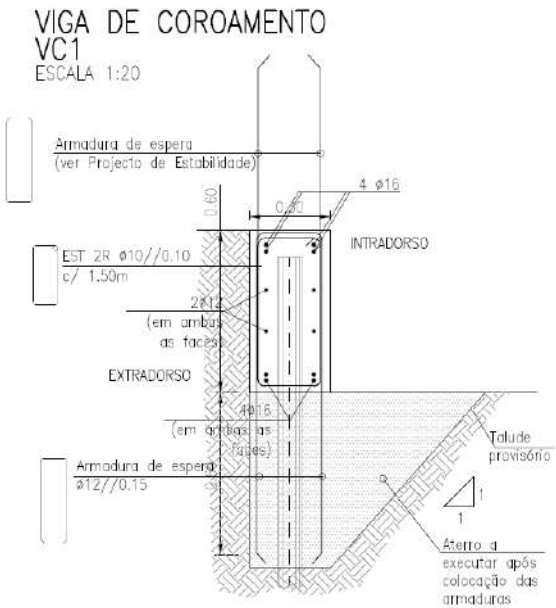
Contenção periférica:

- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações
- Dimensionamento:
  - Viga de coroamento
  - Parede de contenção
  - Microestacas
  - Ancoragens
  - Escoras

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Contenção periférica:

- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações
- Dimensionamento:
  - **Viga de coroamento**
  - Parede de contenção
  - Microestacas
  - Ancoragens
  - Escoras

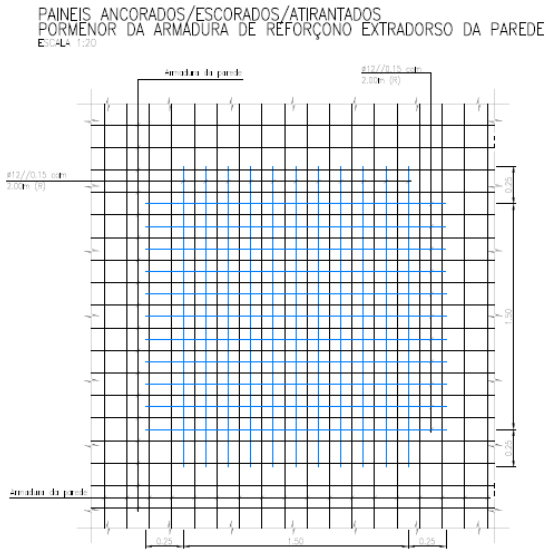


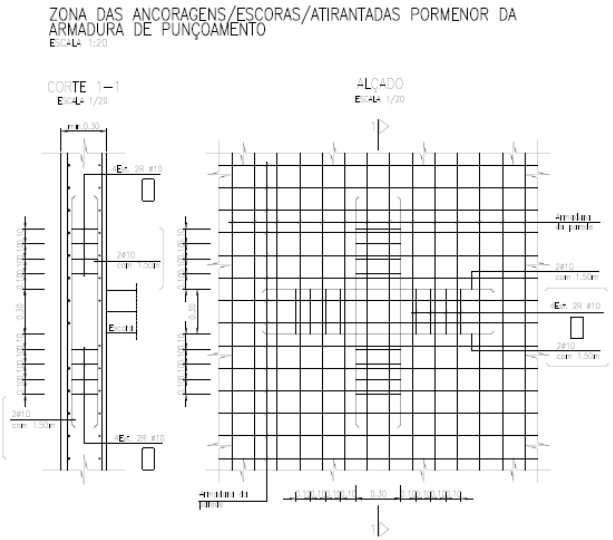
Estado Limite Último:
- Resistência à flexão
- Resistência ao esforço transverso

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Contenção periférica:

- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações
- Dimensionamento:
  - Viga de coroamento
  - **Parede de contenção**
  - Microestacas
  - Ancoragens
  - Escoras





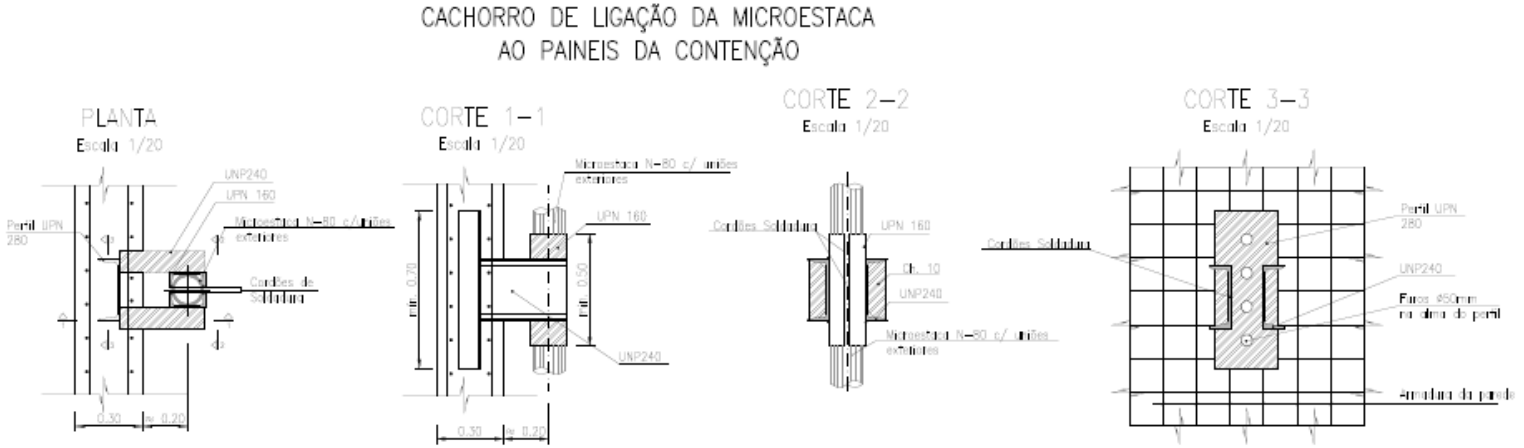
Estado Limite Último:
- Resistência à flexão
- Resistência ao esforço transverso
- Resistência ao punçoamento

Estado Limite de serviço:
- Deformação

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Contenção periférica:

- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações
- Dimensionamento:
  - Viga de coroamento
  - Parede de contenção
  - **Microestacas**
  - Ancoragens
  - Escoras



Estado Limite Último:
- Resistência da seção
- Resistência à encurvadura
- Capacidade de carga do terreno

Estado Limite de serviço:
- Deformação axial elástica

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Contenção periférica:

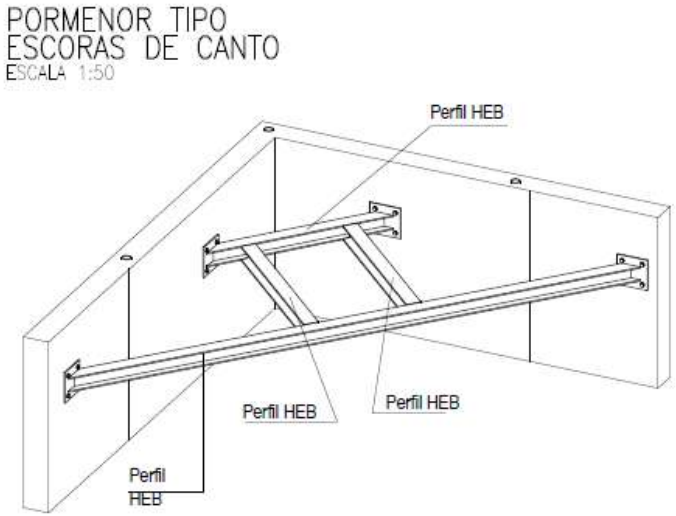
- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações
- Dimensionamento:
  - Viga de coroamento
  - Parede de contenção
  - Microestacas
  - **Ancoragens**
  - Escoras

Estado Limite Último:
- Resistência à tração
- Capacidade de carga do terreno

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Contenção periférica:

- Modelação:
  - Modelos Bidimensionais de elementos finitos em Plaxis 2D
  - Modelação de faseamento construtivo
  - Estimativa de esforços
  - Estimativa de deformações
- Dimensionamento:
  - Viga de coroamento
  - Parede de contenção
  - Microestacas
  - Ancoragens
  - **Escoras**



Estado Limite Último:
- Resistência da seção à flexão
- Resistência ao esforço transverso
- Resistência à encurvadura

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Recalçamento:

- Modelação:
  - Modelos simplificados de barras
  - Teoria das peças lineares
  - Modelos de escoras e tirantes
  - Estimativa de esforços e deformações

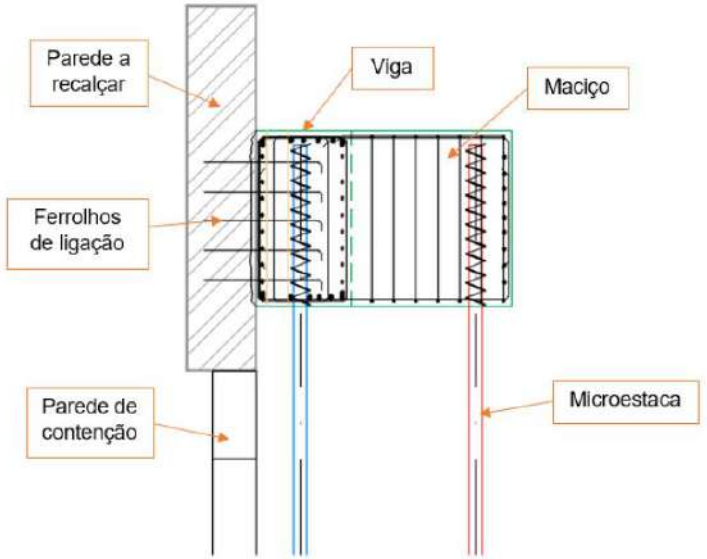
- Dimensionamento:
  - Viga de recalçamento
  - Maciços
  - Microestacas
  - Ferrolhos

ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

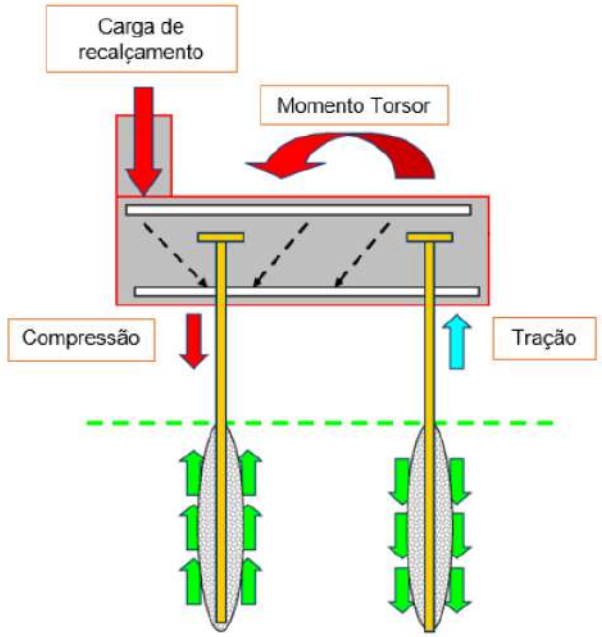
Recalçamento:

- Modelação:
  - Modelos simplificados de barras
  - Teoria das peças lineares
  - Modelos de escoras e tirantes
  - Estimativa de esforços e deformações

- Dimensionamento:
  - **Viga de recalçamento**
  - **Maciços**
  - Microestacas
  - Ferrolhos



Estado Limite Último:
- Resistência à flexão
- Resistência ao esforço transverso
- Resistência à torção



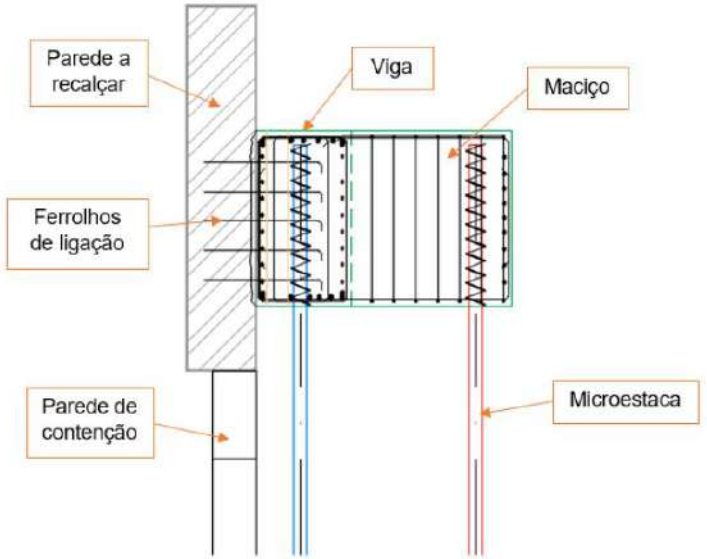
Estado Limite de serviço:
- Deformação

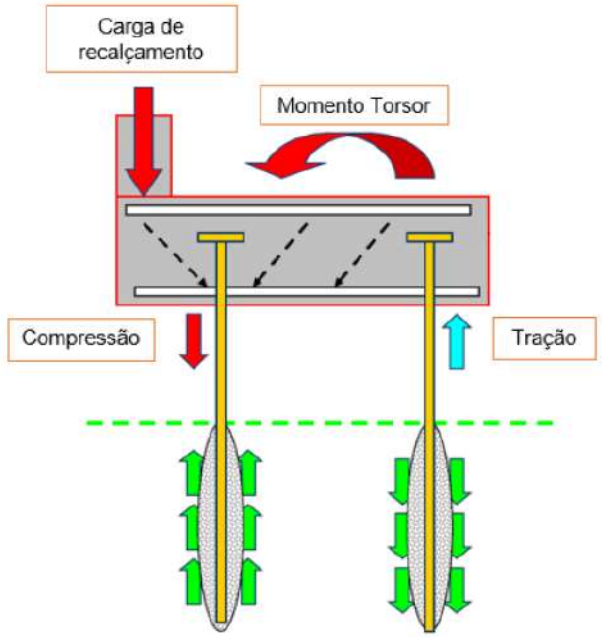
ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO

Recalçamento:

- Modelação:
  - Modelos simplificados de barras
  - Teoria das peças lineares
  - Modelos de escoras e tirantes
  - Estimativa de esforços e deformações

- Dimensionamento:
  - Viga de recalçamento
  - Maciços
  - Microestacas
  - **Ferrolhos**





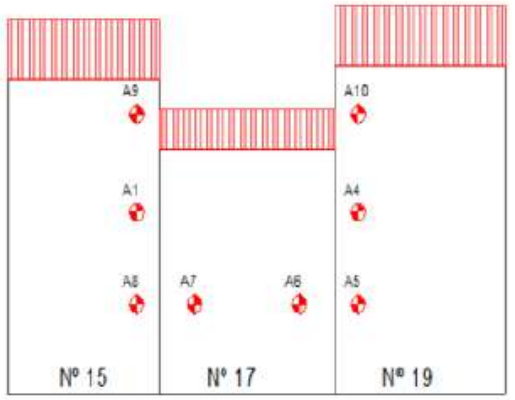
Estado Limite Último:
- Resistência ao corte
- Resistência à tração

ÍNDICE

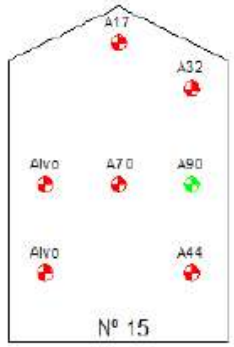
- ENQUADRAMENTO GERAL
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO
- ANÁLISE NUMÉRICA E DIMENSIONAMENTO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

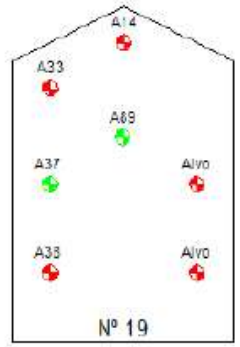
PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

- 20 alvos topográficos, distribuídos pelos vários alçados da contenção periférica
- **69 alvos topográficos, distribuídos pelos elementos existentes a preservar, incluindo fachadas existentes vizinhas, empenas e muros meeiros**
- 1 inclinómetro junto à fachada a preservar na Travessa do Abarracamento de Peniche

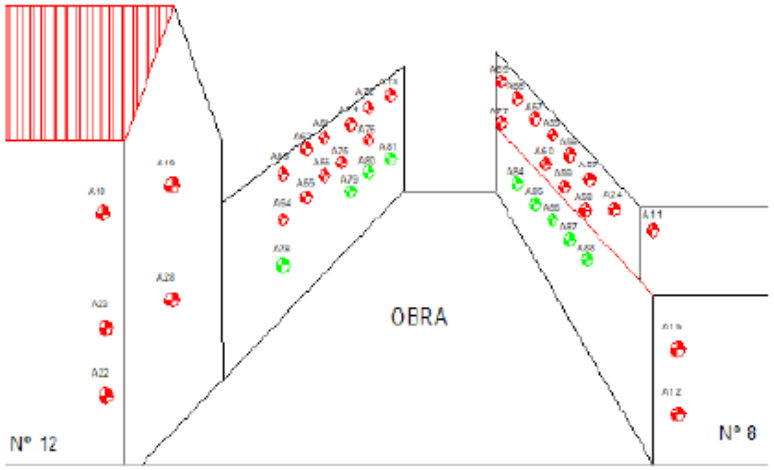


Alçado Principal da Travessa Abarracamento de Peniche





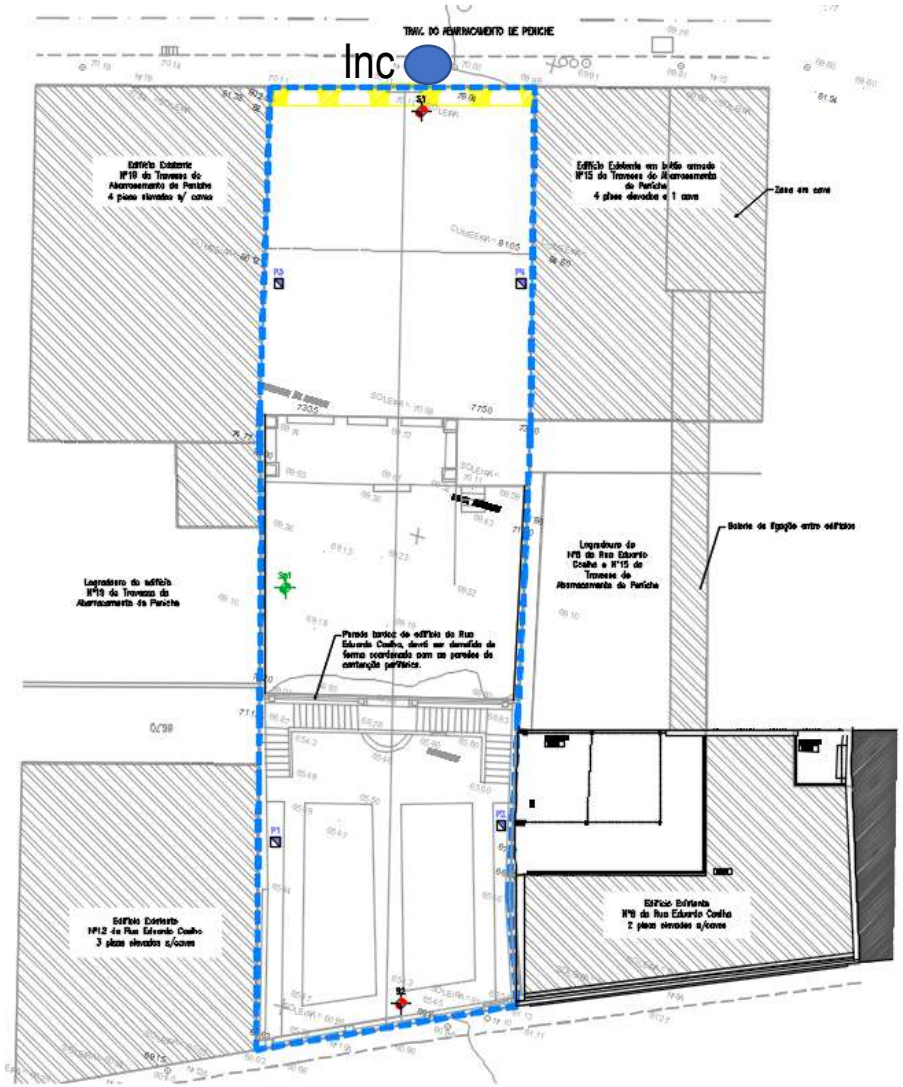
Alçados Laterais da Travessa Abarracamento de Peniche



Alçado Principal da Rua Eduardo Coelho

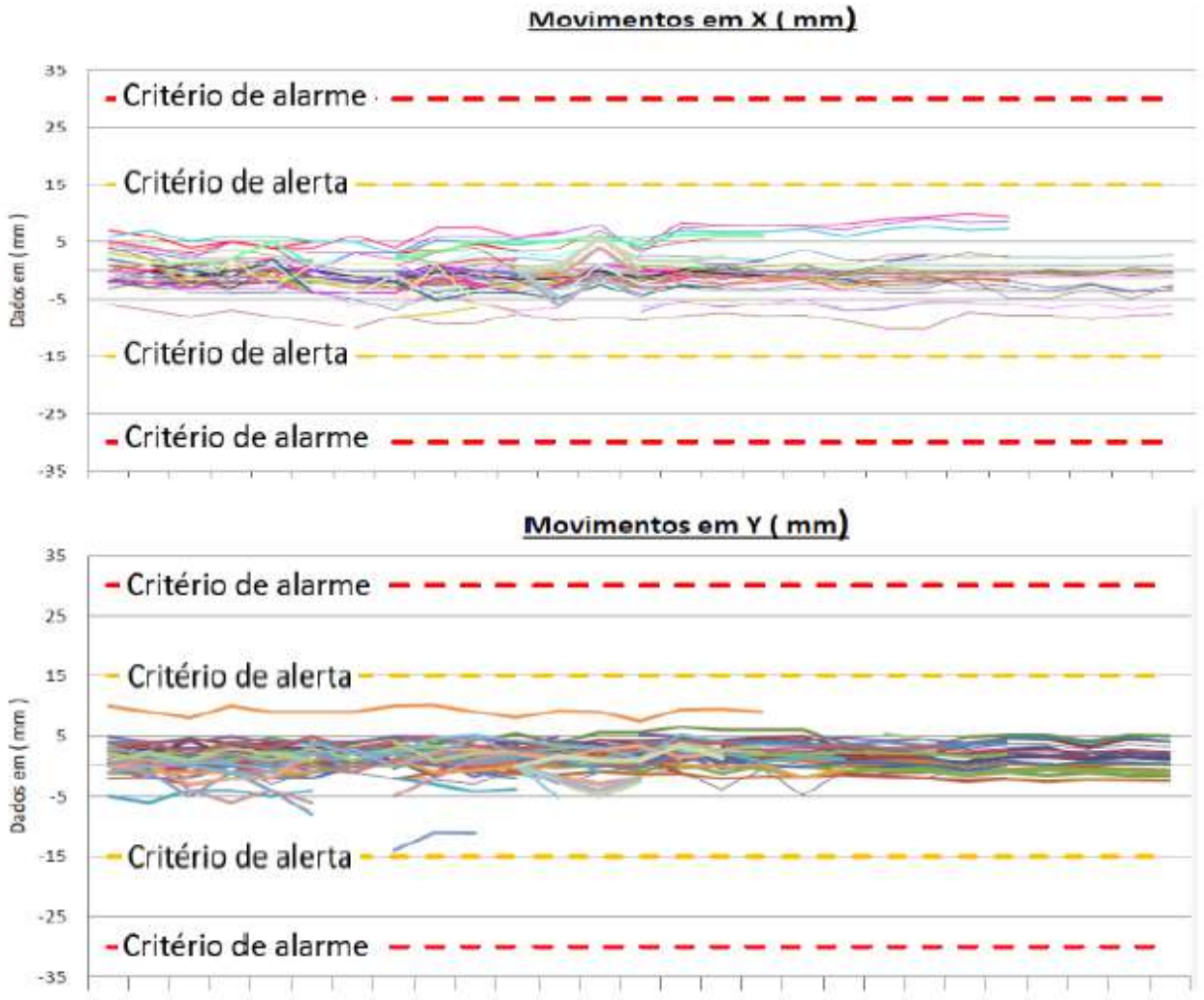
PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

- 20 alvos topográficos, distribuídos pelos vários alçados da contenção periférica
- 69 alvos topográficos, distribuídos pelos elementos existentes a preservar, incluindo fachadas existentes vizinhas, empenas e muros meeiros
- **1 inclinómetro junto à fachada a preservar na Travessa do Abarracamento de Peniche**



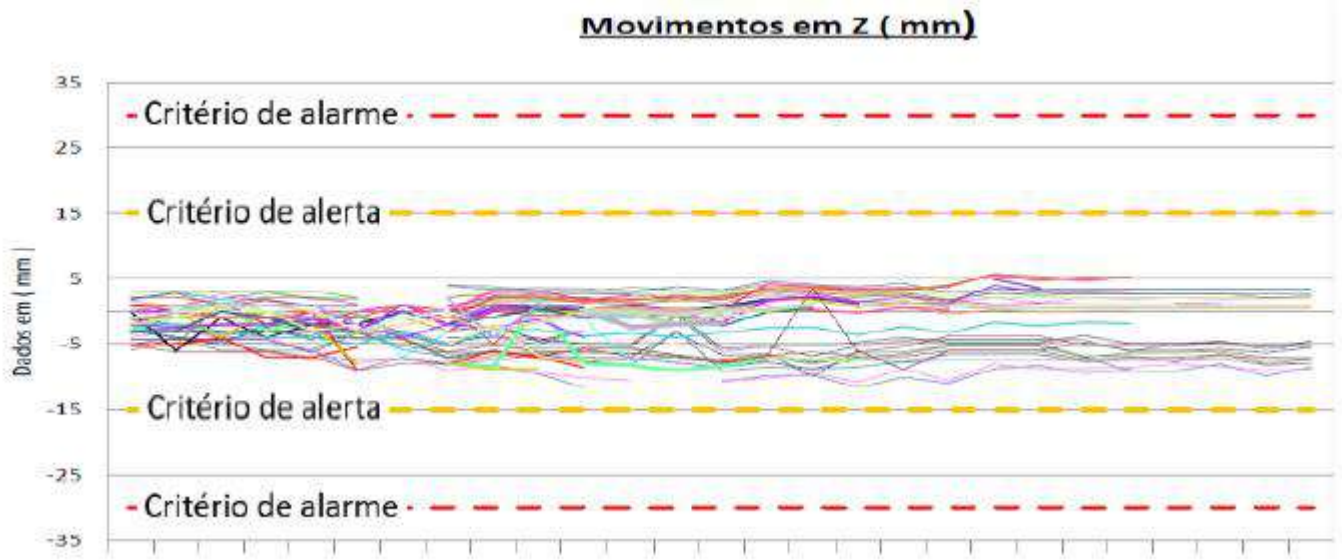
PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

- 20 alvos topográficos, distribuídos pelos vários alçados da contenção periférica
- 69 alvos topográficos, distribuídos pelos elementos existentes a preservar, incluindo fachadas existentes vizinhas, empenas e muros meeiros
- 1 inclinómetro junto à fachada a preservar na Travessa do Abarracamento de Peniche



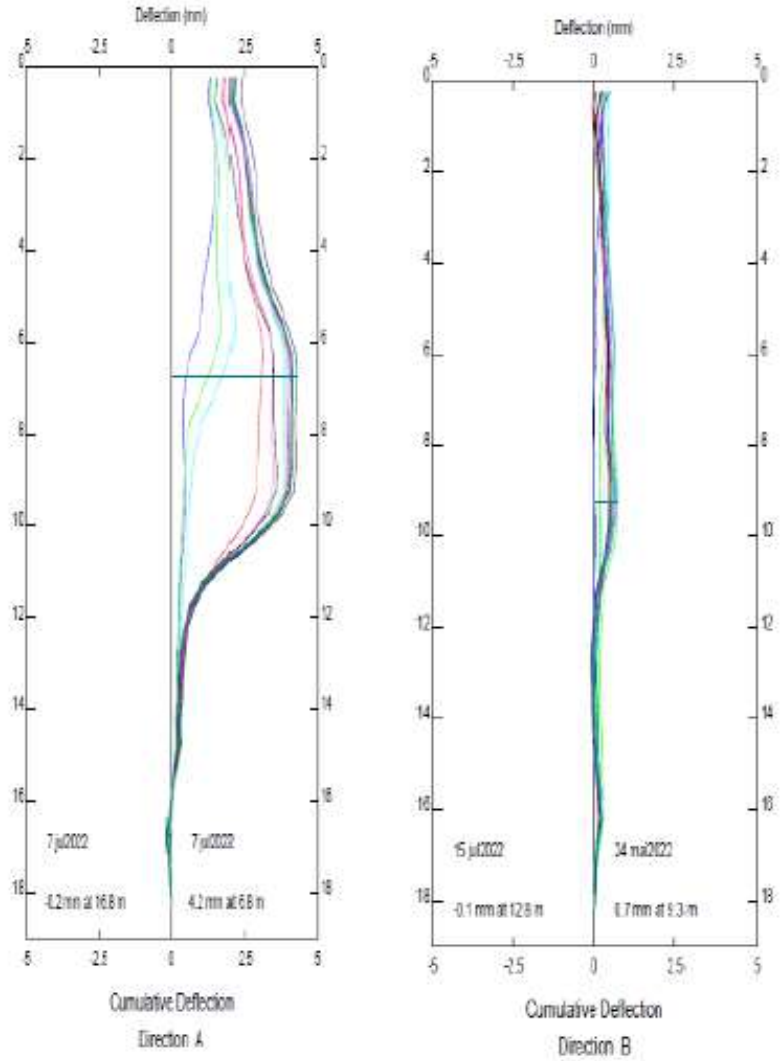
PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

- 20 alvos topográficos, distribuídos pelos vários alçados da contenção periférica
- 69 alvos topográficos, distribuídos pelos elementos existentes a preservar, incluindo fachadas existentes vizinhas, empenas e muros meeiros
- 1 inclinómetro junto à fachada a preservar na Travessa do Abarracamento de Peniche



PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

- 20 alvos topográficos, distribuídos pelos vários alçados da contenção periférica
- 69 alvos topográficos, distribuídos pelos elementos existentes a preservar, incluindo fachadas existentes vizinhas, empenas e muros meeiros
- **1 inclinómetro junto à fachada a preservar na Travessa do Abarracamento de Peniche**



ÍNDICE

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

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Importância do Estudo Geológico-Geotécnico
- Importância do tratamento dos terrenos com recurso a colunas de calda de cimento
- A solução concebida permitiu ultrapassar as condicionantes gerais da obra e ainda otimizar e gerir o espaço em obra
- Plano de Instrumentação e Observação permitiu confirmar um cenário geológico-geotécnico de acordo com os prossupostos adotados

EDIFÍCIO TRAVESSA DO ABARRACAMENTO DE PENICHE Nº17, LISBOA

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO DE FACHADA

Pedro Marques, *pmarques@jetsj.com*

Alexandre Pinto, *apinto@jetsj.com*

AGRADECIMENTOS

Empreiteiro e Dono de Obra

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

PLATAFORMA LOGÍSTICA NA AZAMBUJA, PORTUGAL: SOLUÇÕES DE REFORÇO DE SOLOS E DE FUNDAÇÕES

Sousa, André, JETsj Geotecnia, asousa@jetsj.com

Pinto, Alexandre, JETsj Geotecnia

INTRODUÇÃO

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

- ✓ Dois armazéns de logística, com área máxima de implantação de aproximadamente 50.434m^2.
- ✓ Estrutura composta por pilares e vigas em betão armado pré fabricado e estrutura metálica.

❖ **Soluções adotadas:**

- Fundações indiretas dos pilares da estrutura com recurso a estacas pré-fabricadas em betão armado;
- Pavimentos interiores fundados numa laje de fundação em betão armado com fibras, sobre plataforma de transferência de carga.

CONDICIONAMENTOS

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

- ✓ Condicionamentos de natureza geológico-geotécnicos
  - À superfície, depósitos **aluvionares (a) e de aterro (At)**;
  - **Substrato Miocénico** a profundidades variáveis entre 2 a 10m para o armazém 1, enquanto no Armazém 2 a profundidades variáveis entre 10 a 20m.

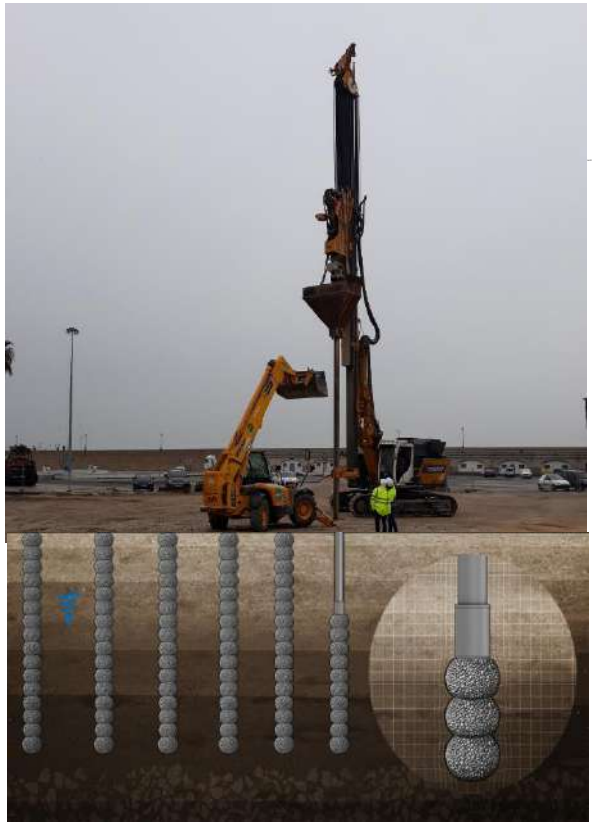
- ✓ Condicionamentos de prazo de execução
  - Necessidade de colocar em exploração, com a **maior celeridade possível**.

SOLUÇÃO DESENVOLVIDA PARA MELHORAMENTO DE SOLOS

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

- ✓ **Colunas de brita compactadas** dispostas numa malha quadrada de 2,8x2,8m2 e 3,1x3,1m2 em toda a área de fundação do pavimento interior;

- ✓ Vantagens do método:
  - Bom comportamento na distribuição e acomodação das tensões sob a plataforma de transferência de carga;
  - Controlo dos assentamentos diferenciais;
  - Desempenho: 200 a 260 ml/dia por equipa e turno.



SOLUÇÃO DE FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - **FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS**
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

- ✓ Estacas encabeçadas por maciços de **1, 2, 3 e 4 estacas** ligadas entre si por vigas de fundação.

- ✓ Características das estacas:
  - Estacas pré-fabricadas com betão C50/60;
  - Armadas com 4Ø16mm e cintagem com ∅8mm com afastamento máximo de 11cm e 9,8cm;
  - Secções 235x235 e 270x270mm;
  - Valores máximos das cargas axiais em serviço, a rondar os **850kN** e **1120kN**.

CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO DAS COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS

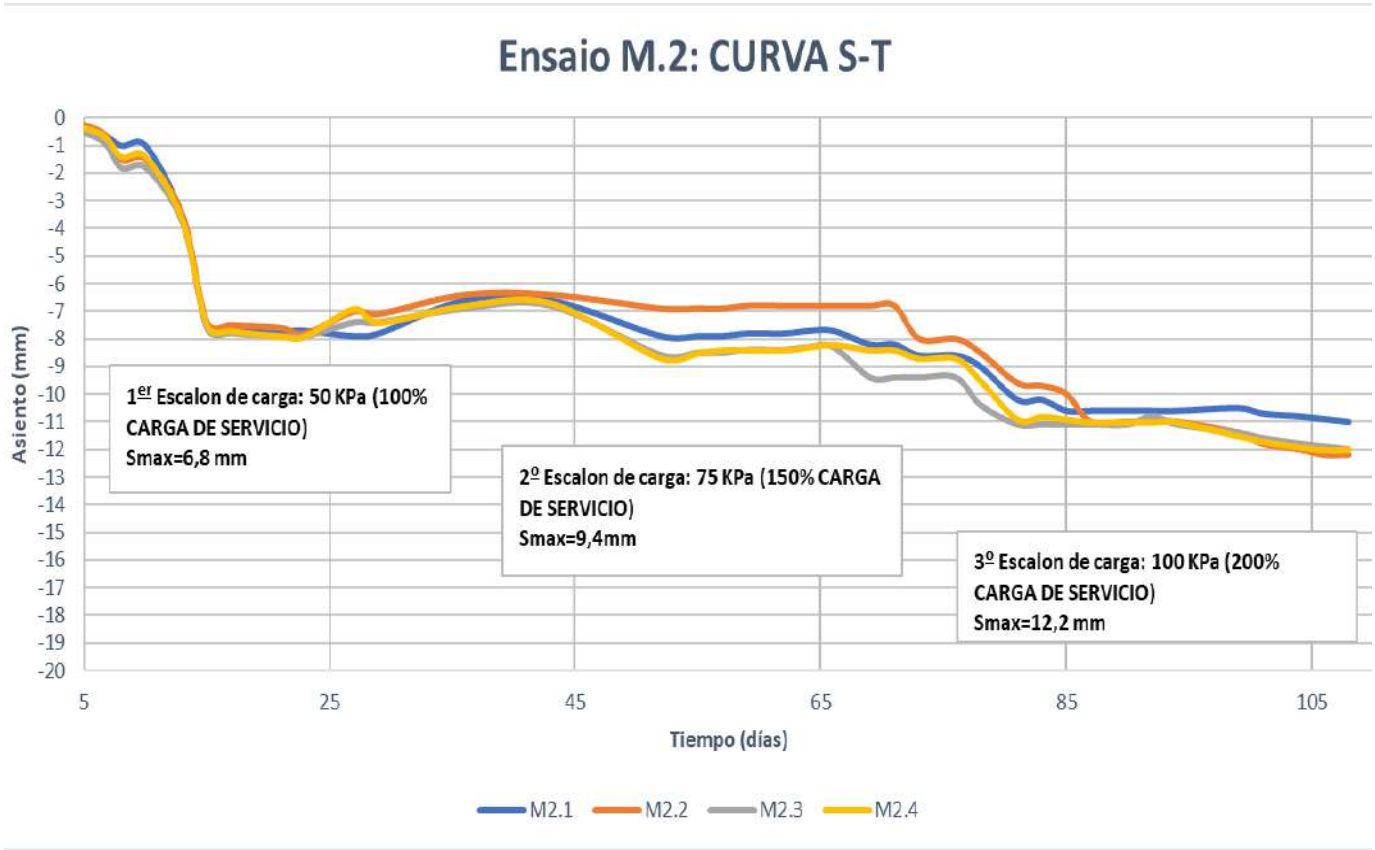
- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - **COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS**
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

- ✓ Ensaios de carga estática vertical:
  - Total de 30 ensaios;
  - Carga máxima até 150% da carga em serviço.
- ✓ Ensaios de carga de longa duração:
  - Duração de 3 meses;
  - Carga máxima até 200% da carga em serviço

CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO DAS COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - **COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS**
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

ENSAIOS DE MÓDULO - COLUNAS IMPACT®			
ZONA	Nº COLUNA	MÓDULO DE RIGIDEZ (K_s) MN/m³	MÓDULO DE DEFORMAÇÃO (E_s) Mpa
1B	21D	156.00	429.28
	33F	143.00	393.74
	48G	157.00	431.49
	60F	78.00	215.64
1C	11W	145.00	399.38
	21P	201.00	552.18
	33S	92.00	254.28
	48U	82.00	226.49
2B	13B	78.00	215.75
	20I	113.00	310.27
	28L	95.00	262.58
	37G	96.00	263.90
1D	10-Q	90.00	247.60
	11-D	110.00	302.42
	19-K	85.00	233.05
	19-S	104.00	284.92
1F	11-J	87.00	238.76
	16-F	82.00	225.63
	17-I	112.00	309.35
	20-C´	123.00	338.36
2F	7-M	82.00	224.42
	17-O	149.00	410.34
	41-R	150.00	413.59
	58-U	121.00	331.66
2D	37´-F	115.00	317.56
	50´-F	78.00	213.33
	54-Q	79.00	216.87
	R22	89.00	244.48
2C	W39	203.00	559.56
	O46	79.00	217.54
	M61	83.00	228.97
	T23	197.00	542.87
2A	F34	87.00	240.41
	S53	185.00	509.18
	B67	90.00	247.52
	Média	114.74	315.81
	Desehno	76.00	250.00



- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - **ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS**
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO DAS ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS

- ✓ Ensaios PDA numa amostra representativa das estacas de fundação:
  - Zona de resistências médias a uma profundidade entre 4.30-14.00m com valores de resistência unitária no fuste inferiores a **90 kN/m²**;
  - Numa zona inferior, valores unitários de resistência por fuste entre **138-319 kN/m²**;
  - Resistência unitária por ponta registaram-se valores entre **3984-16844 kN/m²**.

EXECUÇÃO

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- **EXECUÇÃO**
- CONCLUSÕES

EXECUÇÃO

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- **EXECUÇÃO**
- CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
  - MELHORAMENTO DE SOLOS
  - FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
  - COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS
  - ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

- ✓ Os métodos construtivos aplicados às soluções adotadas provaram-se extremamente eficazes no que toca à otimização do tempo de execução;
- ✓ As soluções de fundações e de tratamento e reforço de solos adotadas permitiram, com base nos resultados dos ensaios realizados no âmbito do controlo de qualidade e de execução em obra, antecipar um bom desempenho das fundações em fase de exploração;

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO

PLATAFORMA LOGÍSTICA NA AZAMBUJA, PORTUGAL: SOLUÇÕES DE REFORÇO DE SOLOS E DE FUNDAÇÕES

AGRADECIMENTOS

JET SJ

TERRATEST

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

EDIFICIO PHOENIX, LISBOA
SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

Carlos Martins, cmartins@jetsj.com

Rui Tomásio, rtomasio@jetsj.com

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

EDIFÍCIO ESCRITÓRIOS

3/5 pisos enterrados

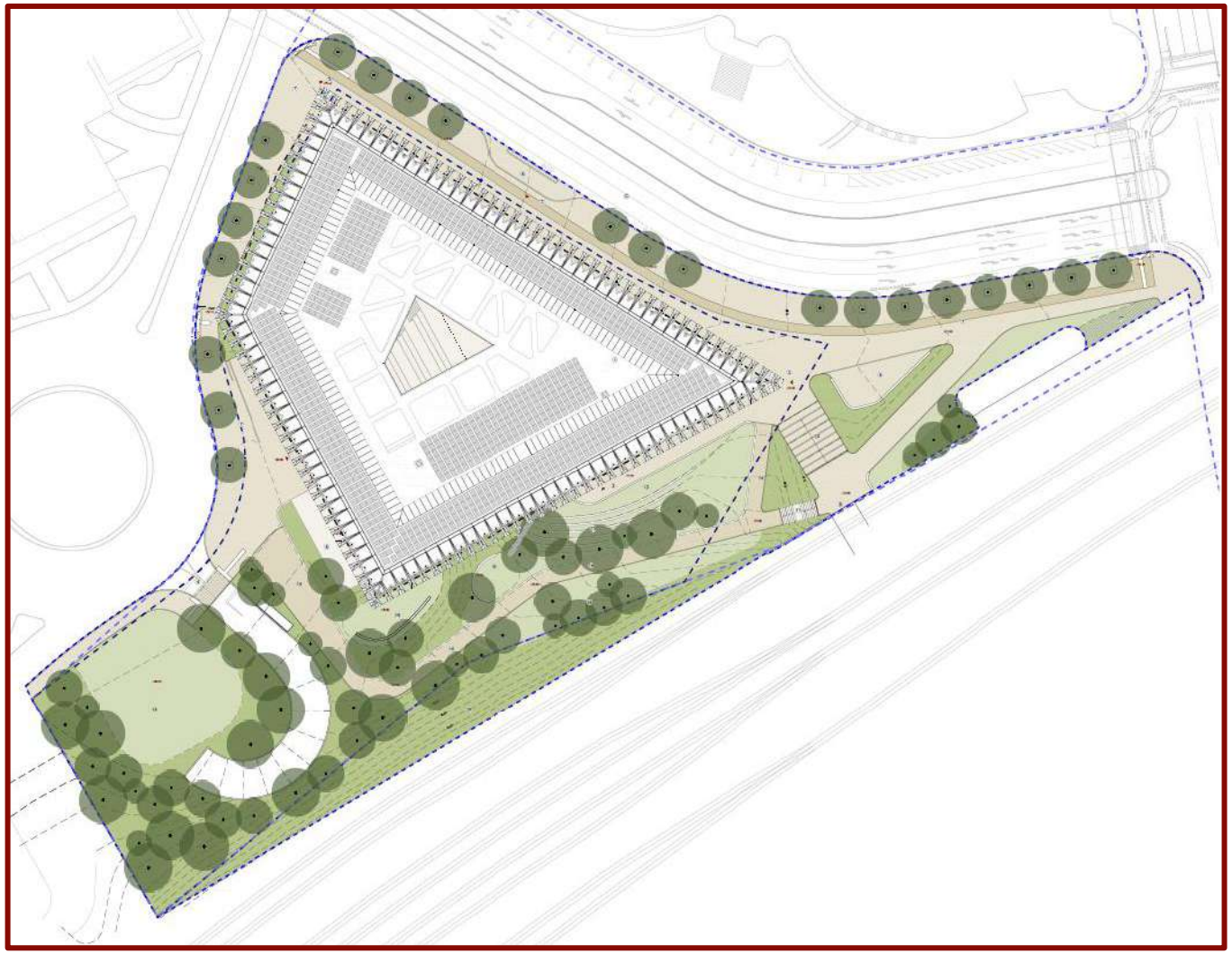
8 pisos elevados

Área de implantação:
6 000 m^2

Perímetro:
320 m

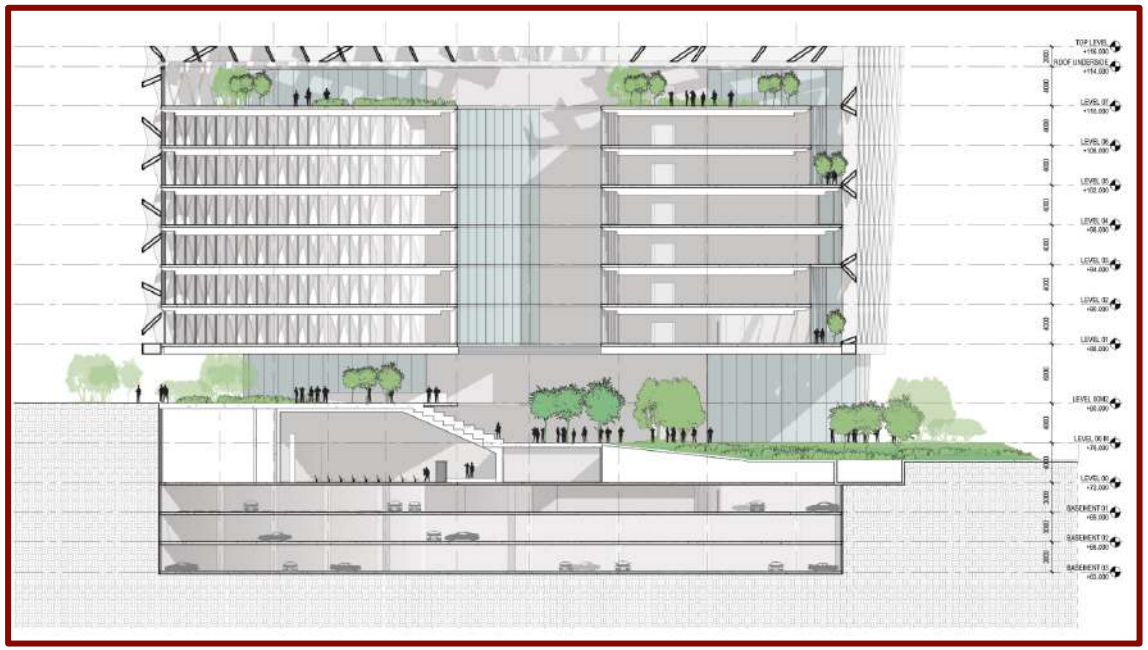
Altura máxima:
19 m

Volume de escavação:
185 000 m^3 (125 000 m^3)



OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO

- Escavação para execução de 3/5 pisos enterrados
- Escavação para rampa de acesso
- Preservação das estruturas e infraestruturas vizinhas
- Compatibilização com Arquitetura e Estabilidade
- Controlo de custos e de prazos de execução



ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

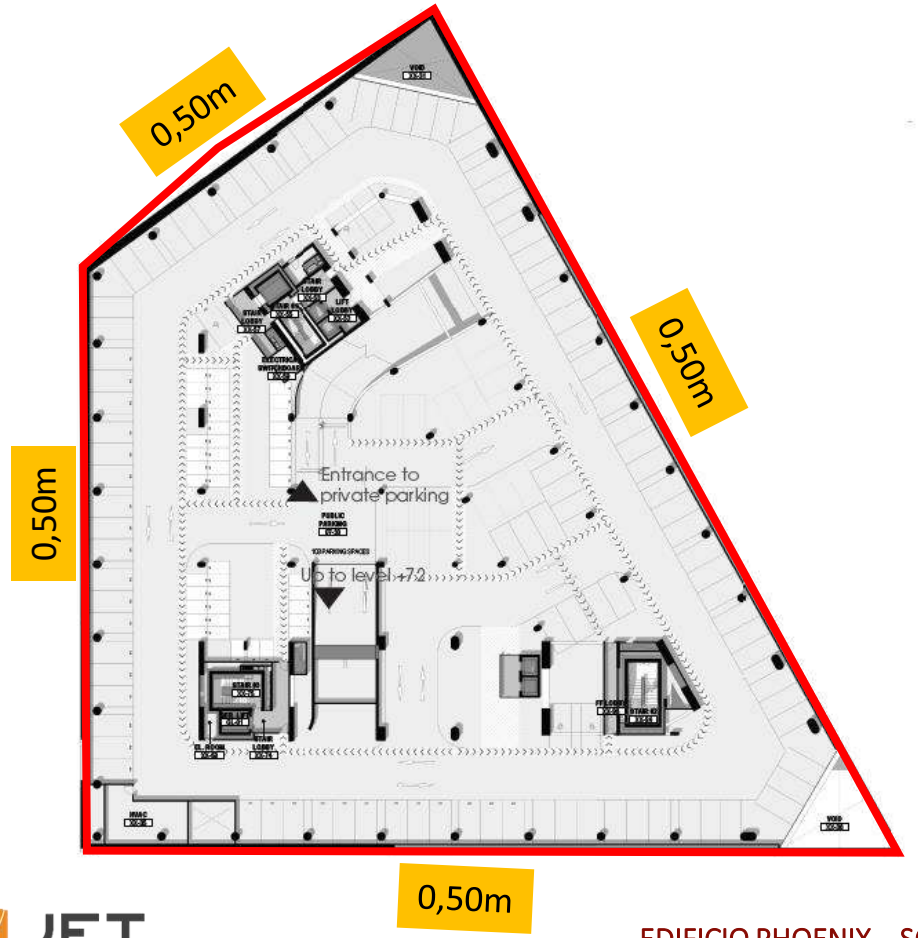
Escavação em Meio Urbano

Multiplicidade de Condicionantes

- Arquitetónicos
- Infraestruturas no subsolo
- Vias e Infraestruturas Circundantes
- Linhas Ferroviárias do IP
- Estação Ferroviária de Entrecampos
- Rua Sousa Lopes
- Ligação ao Túnel do Rego
- Avenida Álvaro Pais

CONDICIONAMENTOS ARQUITETÓNICOS:

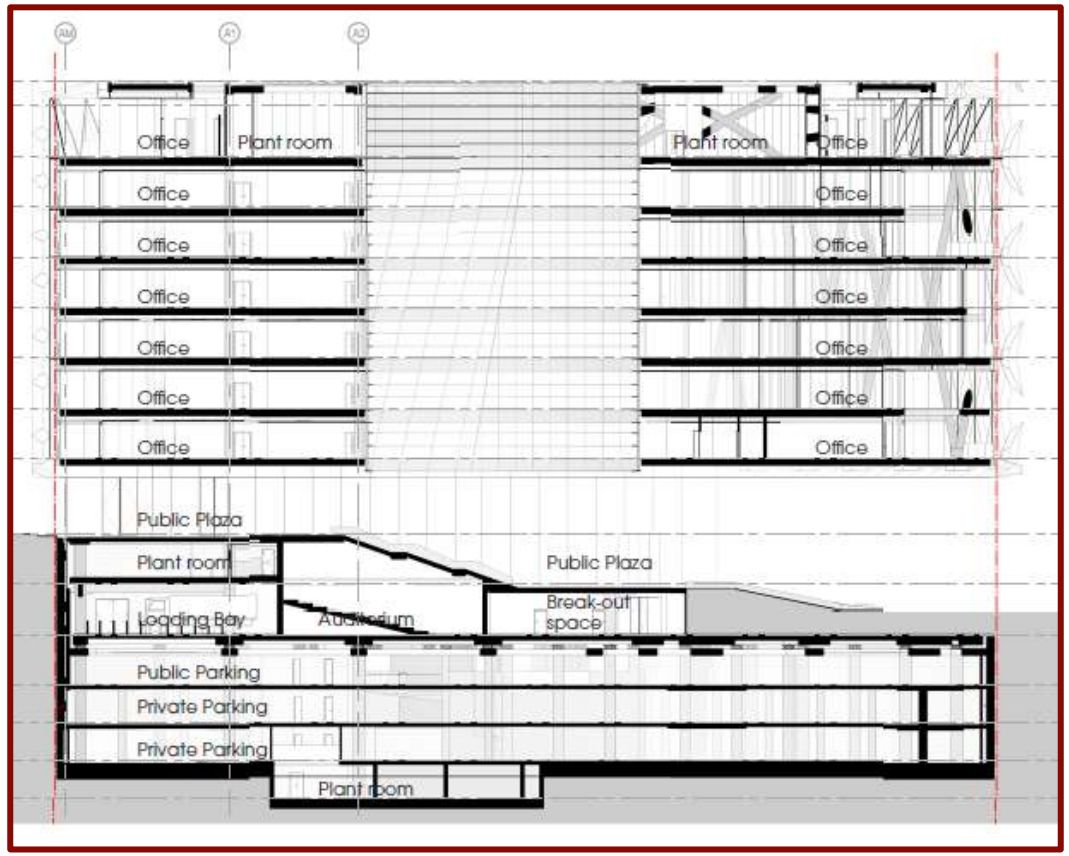
- Espaço disponível para a estrutura de contenção ao nível dos pisos enterrados.



Limite da Parcela C

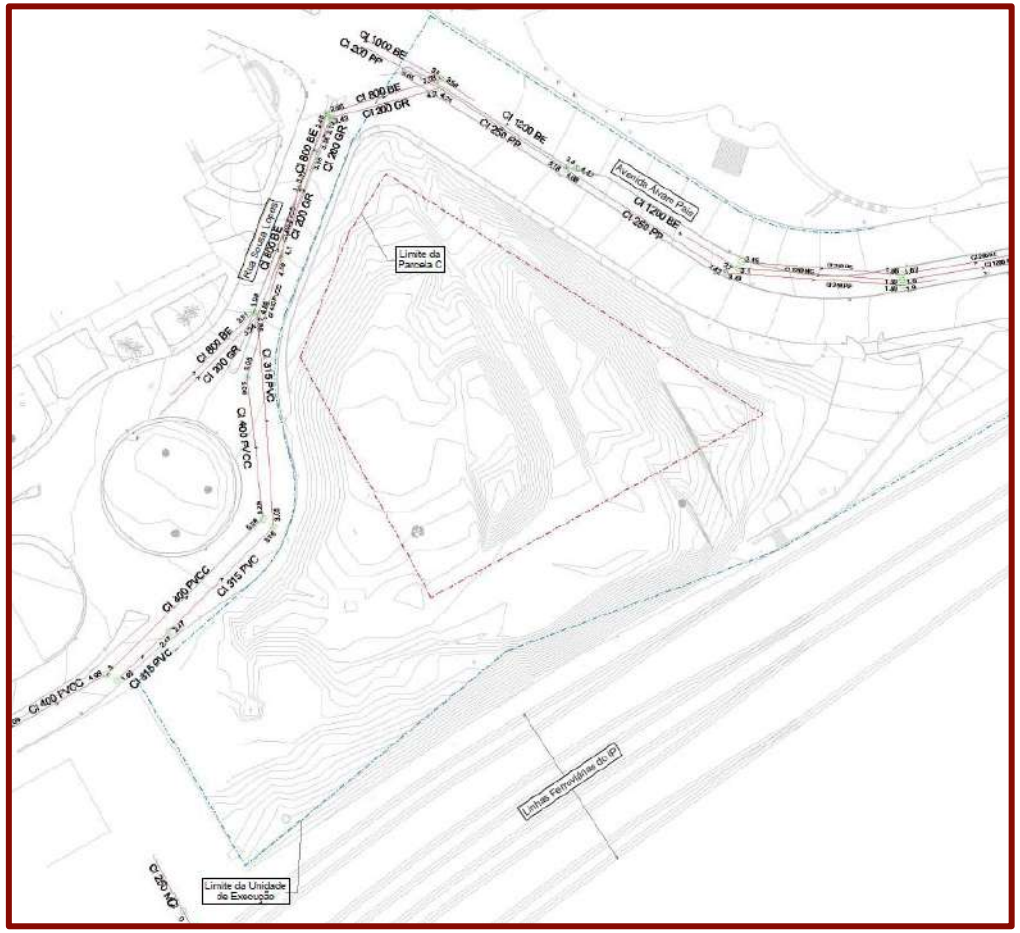
x

Largura disponível



INFRAESTRUTURAS CIRCUNDANTES:

- Infraestruturas no subsolo.



INFRAESTRUTURAS CIRCUNDANTES:

- Estação Ferroviária de Entrecampos

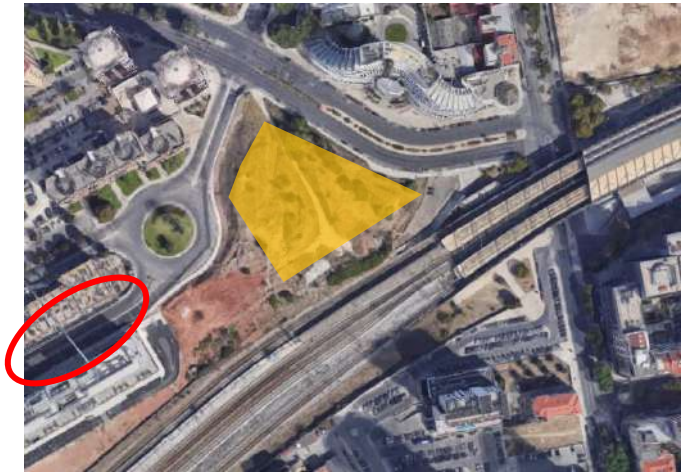
Fonte: Google Maps

- Linhas Ferroviárias do IP:
  - Necessidade de monitorização.

Fonte: Google Maps

INFRAESTRUTURAS CIRCUNDANTES:

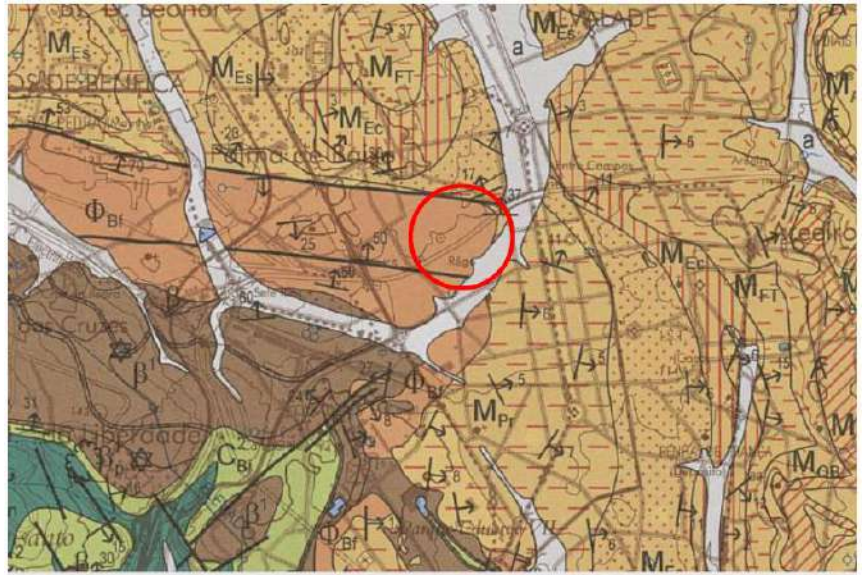
- Ligação ao Túnel do Rego.



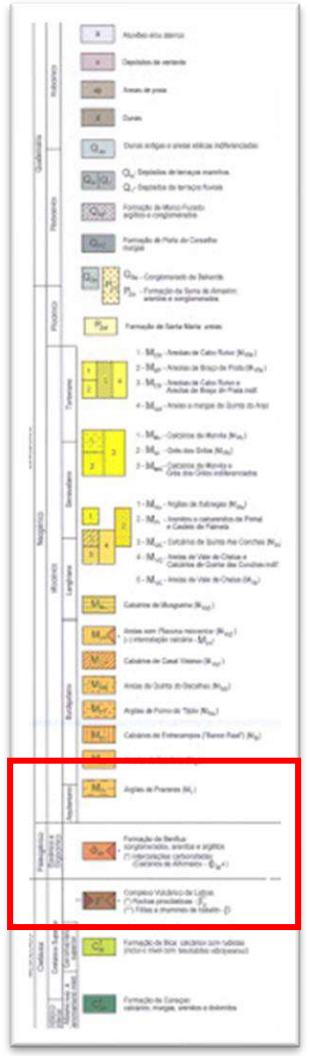
Fonte: Google Maps

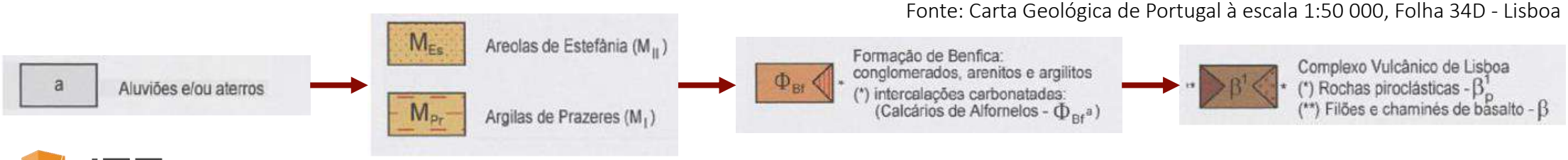
ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL À ESCALA 1:50.000:

- Camadas superiores:
  - Aluviões – Zona de presença de antiga linha de água.
  - Solos do Miocénico Inferior – Argila dos Prazeres e Areolas da Estefânia;
- Camadas inferiores:
  - Materiais do Oligocénico: Formação de Benfica.
- Grandes profundidades:
  - Cretácico superior: Complexo Vulcânico de Lisboa.



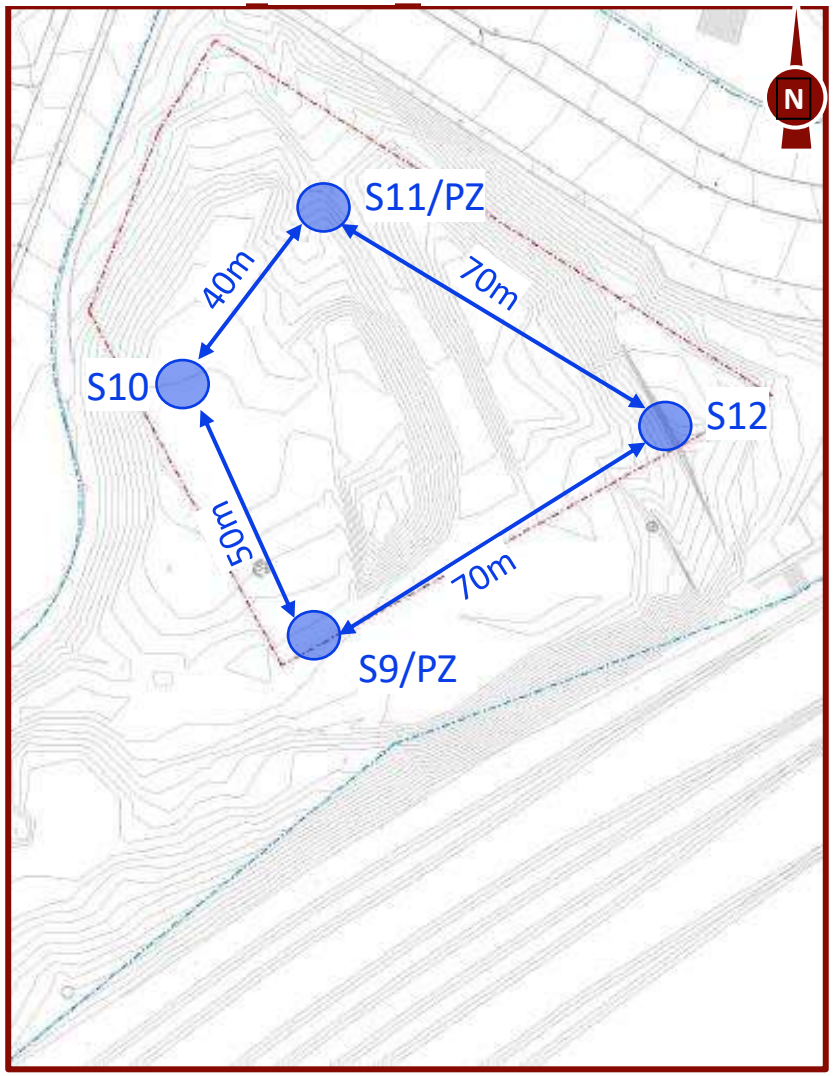
Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 34D - Lisboa





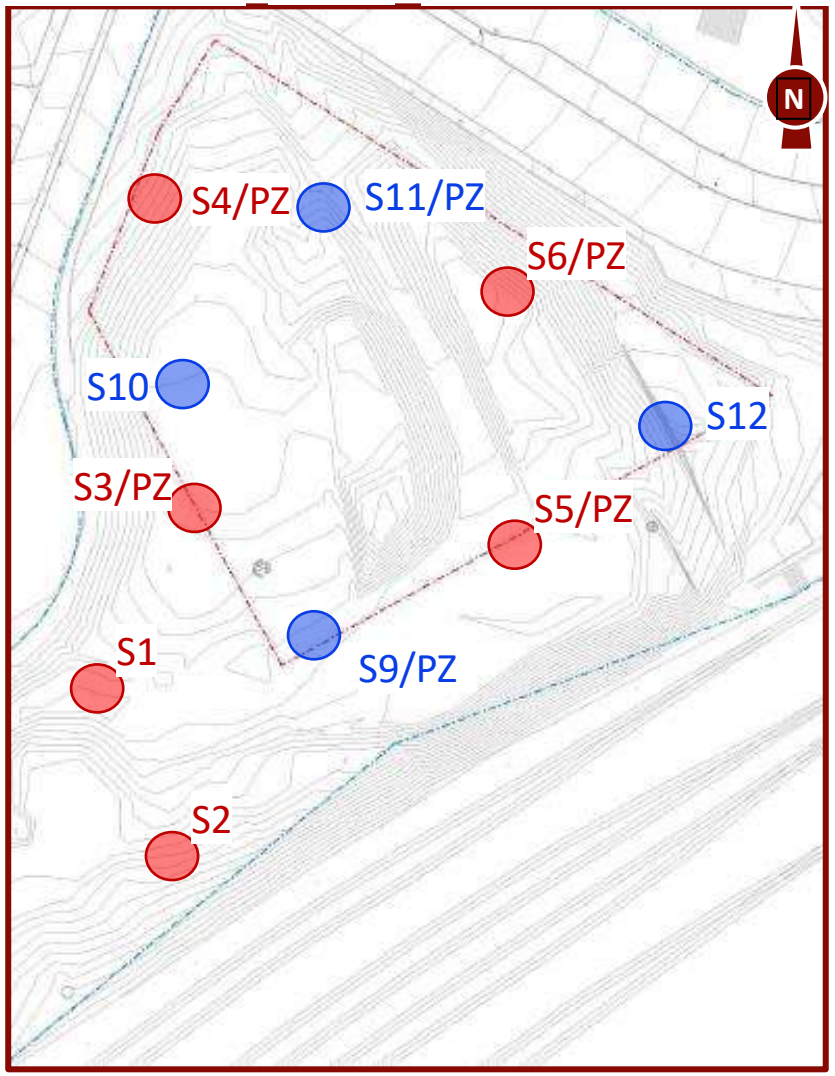
ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO INICIAL:

- 4 Sondagens Geotécnicas à rotação com amostragem contínua
- Ensaios SPT em profundidade
- 2 Piezómetros
- Ensaios Laboratoriais
  - Análise granulométrica
  - Determinação dos limites de consistência de Atterberg (LL e IP)
  - Classificação de solos (ASSTHO e SUCS)
  - Ensaio de Corte direto do Tipo CU
  - Ensaios de agressividade da água subterrânea



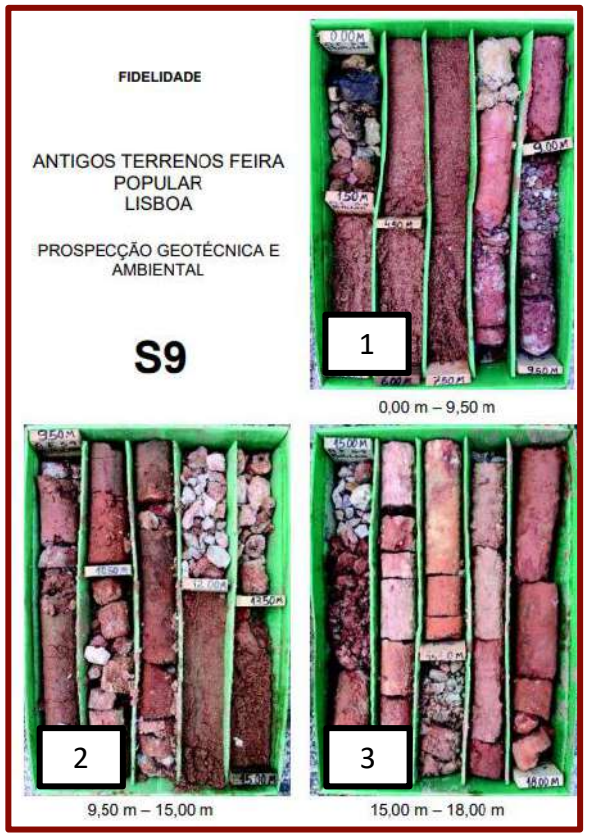
ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

- 6 Sondagens Geotécnicas à rotação com amostragem contínua
- Ensaios SPT em profundidade
- 4 Piezómetros (incorporados no PIO)
- Ensaios Laboratoriais
  - …
  - Ensaios de resistência à compressão Uniaxial (Rochas: ØBf)
  - **Ensaios de permeabilidade:**
    - **4 ensaios do tipo Lefranc**
    - **3 ensaios do tipo Slug test**



ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO:

- Sondagens Geotécnicas:

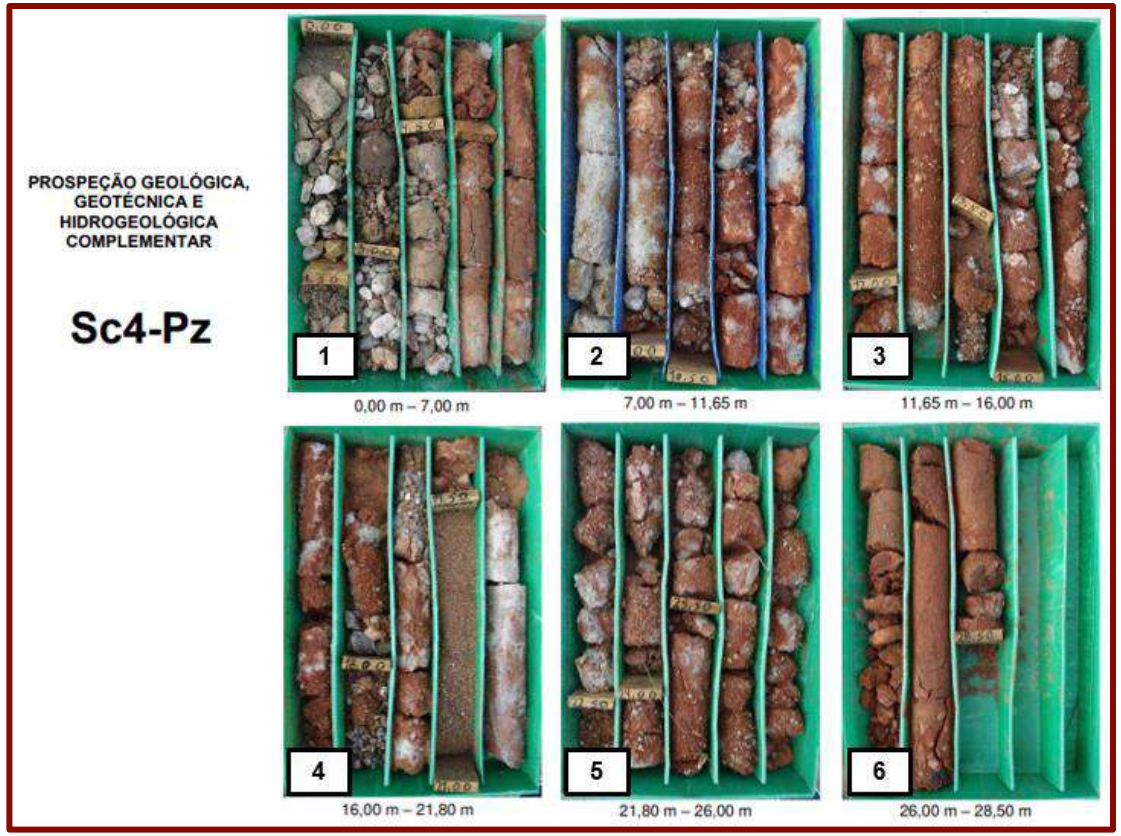


ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

- Sondagens Geotécnicas:

ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

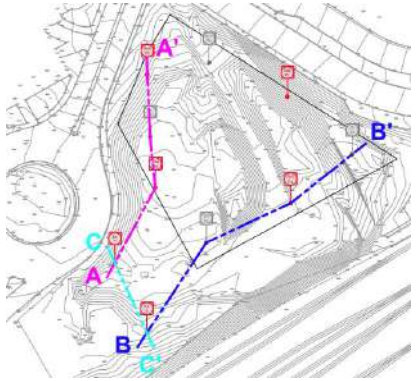
- Sondagens Geotécnicas:

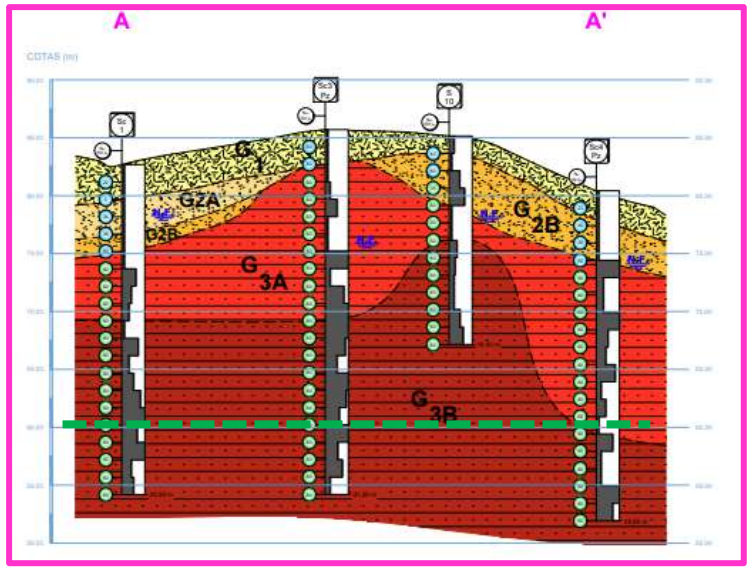


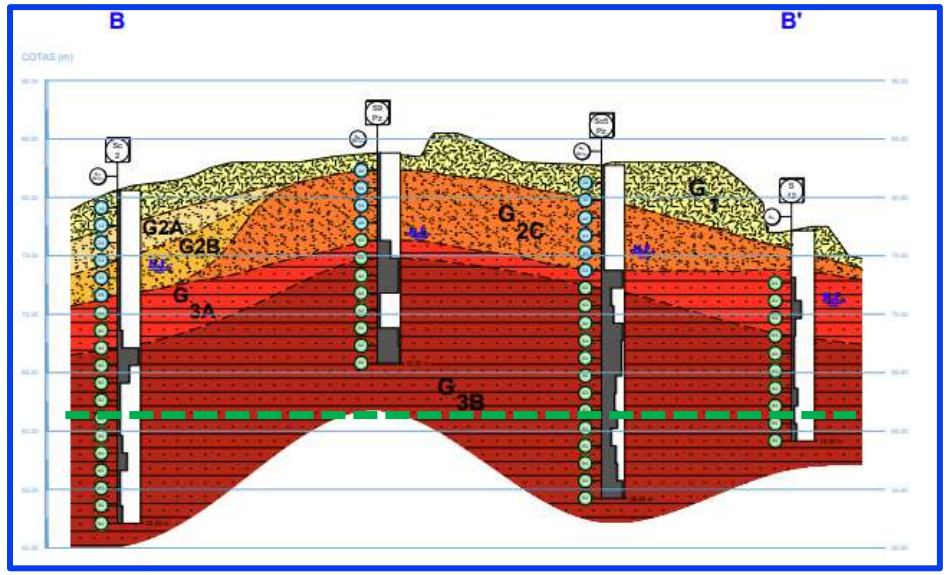
ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

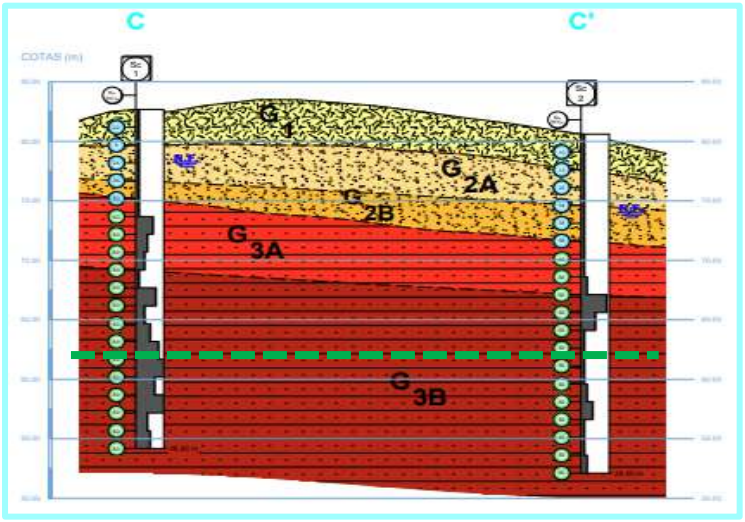
- Zonamento Geológico-Geotécnico:

  Cota de fundo de escavação





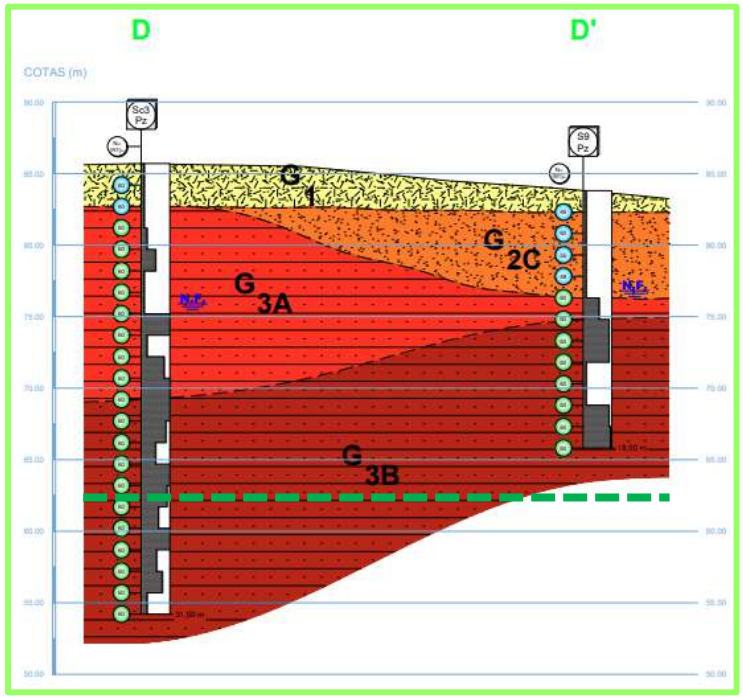


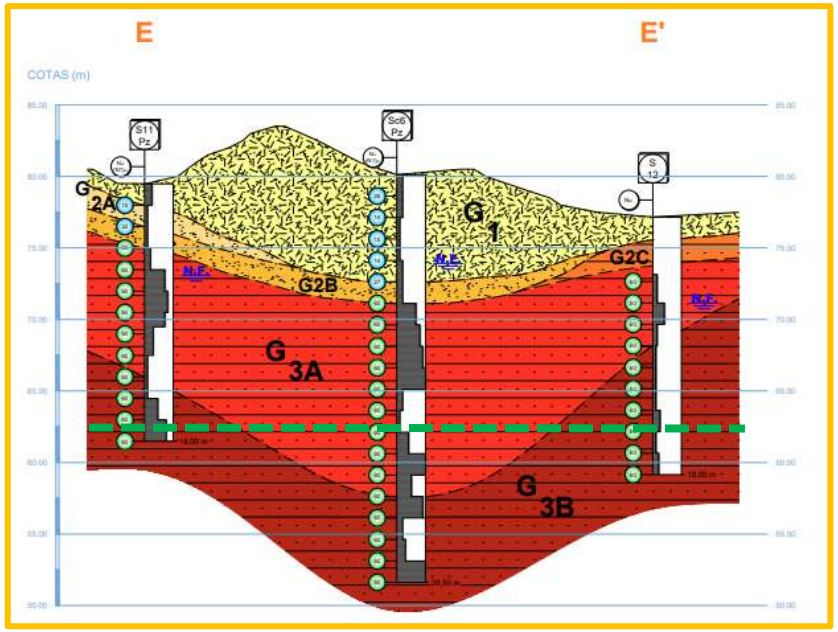


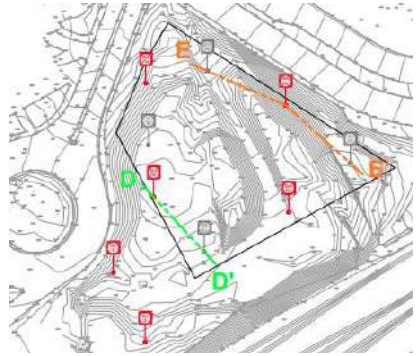
ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

- Zonamento Geológico-Geotécnico:

Cota de fundo de escavação





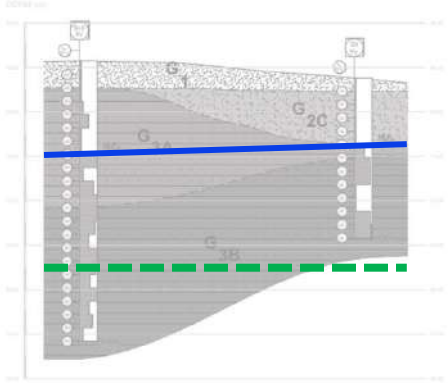


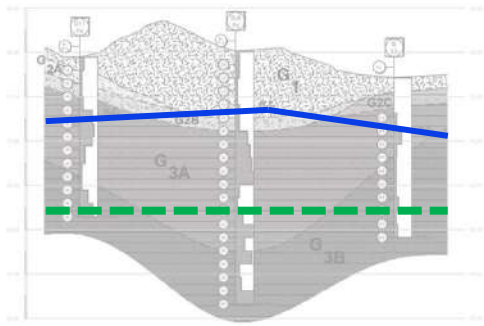
ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

- Hidrogeologia:
  - Níveis de água identificados entre os 6 e os 9 m.
  - Ensaios evidenciam permeabilidades:
    - Médias (10-5 a 10-6 m/s) no G2 e G3A
    - Baixas (10-8 m/s) no G3B (dependente da fracturação)

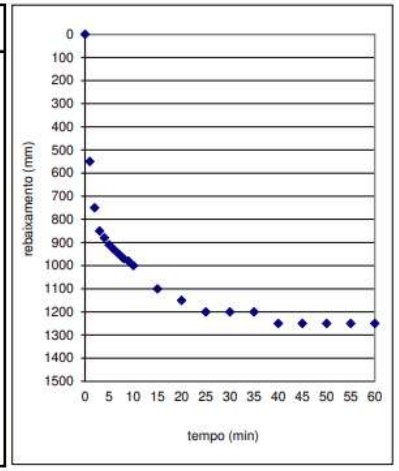
Cota de fundo de escavação

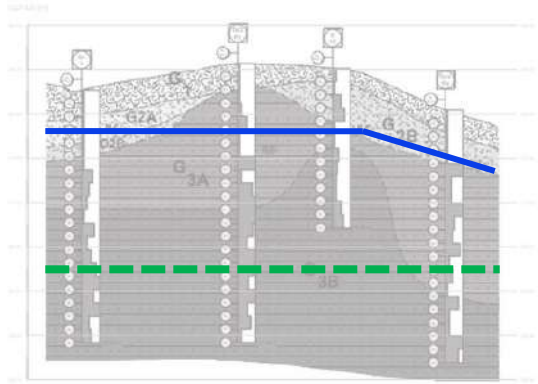
Nível de água

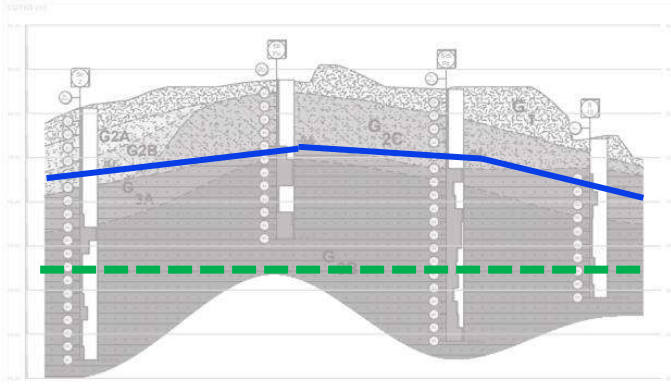


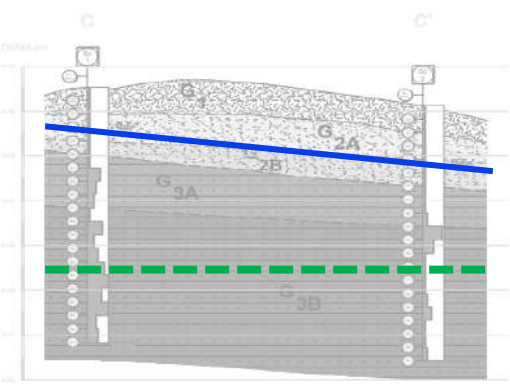


Tempo (min)	Rebaixamento (mm)	K (m/seg)
0,0	0	0,000E+00
1,0	550	2,324E-04
2,0	750	1,017E-04
3,0	850	5,543E-05
4,0	880	1,731E-05
5,0	910	1,764E-05
6,0	930	1,195E-05
7,0	950	1,211E-05
8,0	970	1,227E-05
9,0	980	6,199E-06
10,0	1000	1,252E-05
15,0	1100	1,307E-05
20,0	1150	6,901E-06
25,0	1200	7,172E-06
30,0	1200	0,000E+00
35,0	1200	0,000E+00
40,0	1250	7,465E-06
45,0	1250	0,000E+00
50,0	1250	0,000E+00
55,0	1250	0,000E+00
60,0	1250	0,000E+00



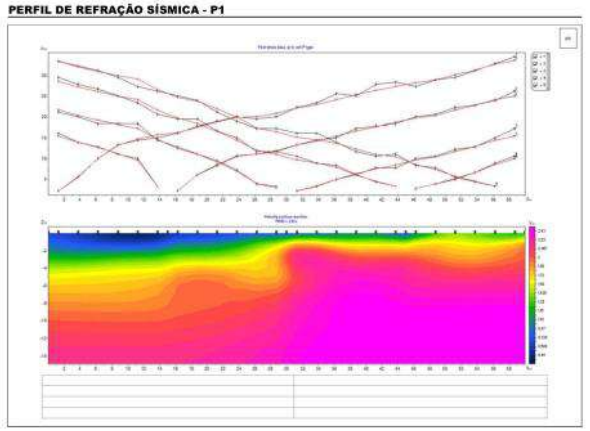


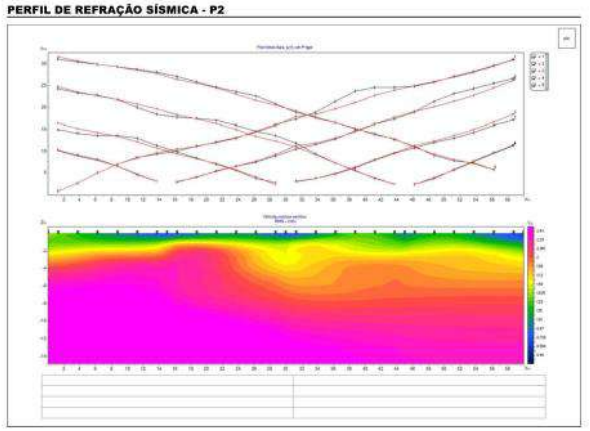


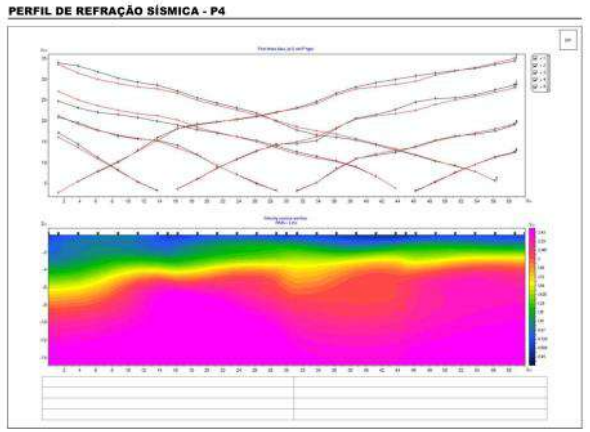


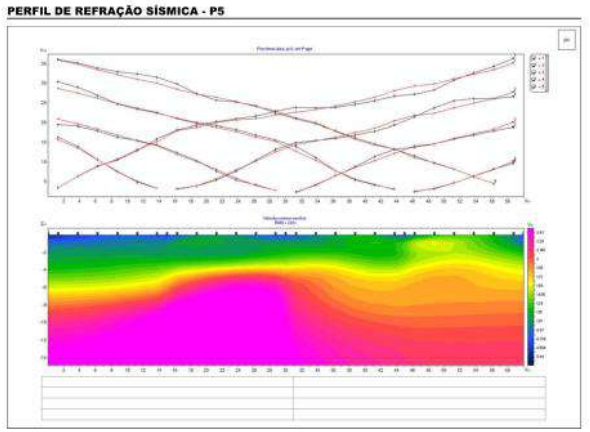
ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

- Ensaios Geofísicos – Refração Sísmica:
  - Validação de perfis geológicos-geotécnicos
  - Aferição de condições de escavabilidade







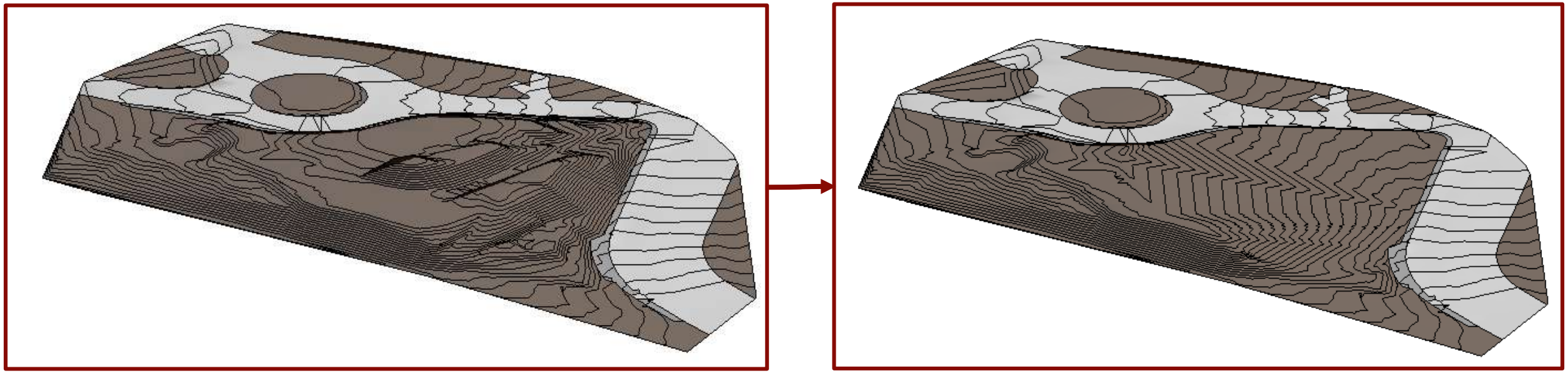


ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

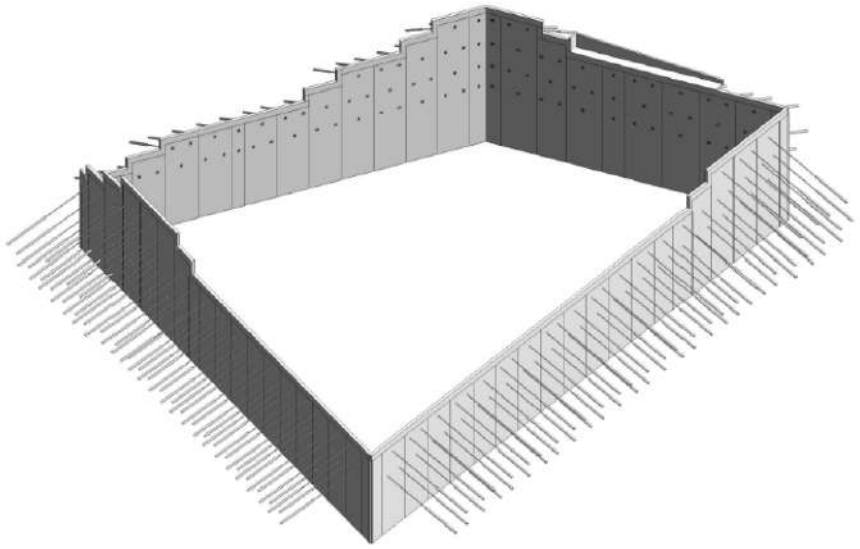
TRABALHOS PREPARATÓRIOS: REMODELAÇÃO DE TERRENOS

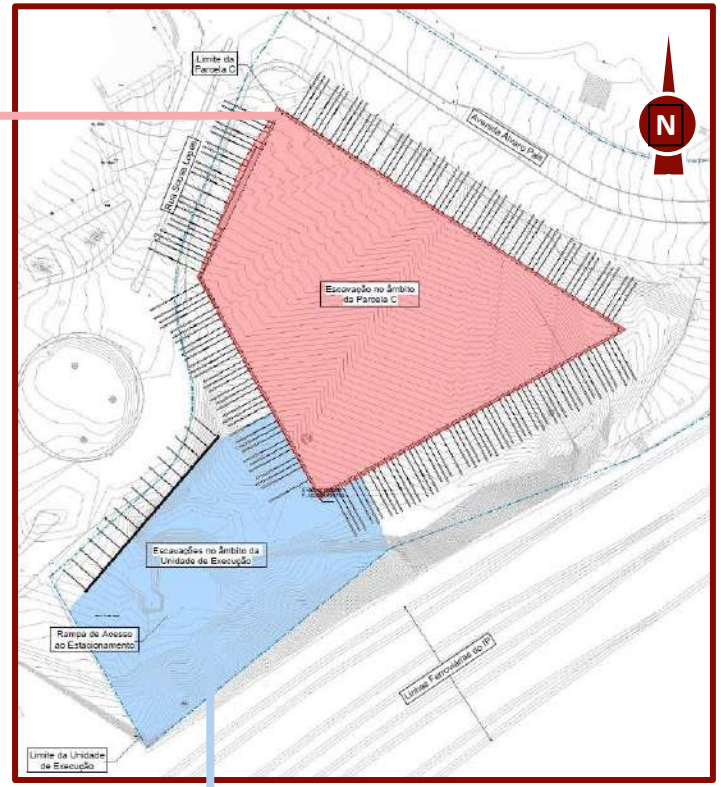
- Remover volumes de aterros resultantes de vazadouros e ocupação humana
- Aproximar cotas dos arruamentos circundantes



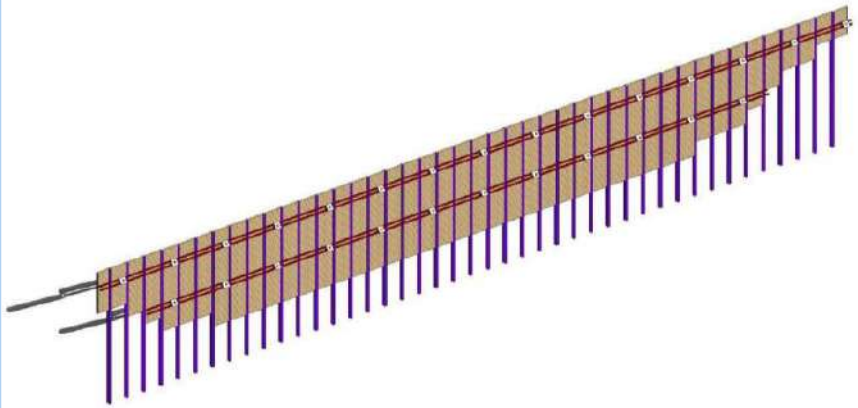
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA

Parede Moldada 500mm (1ª fase)



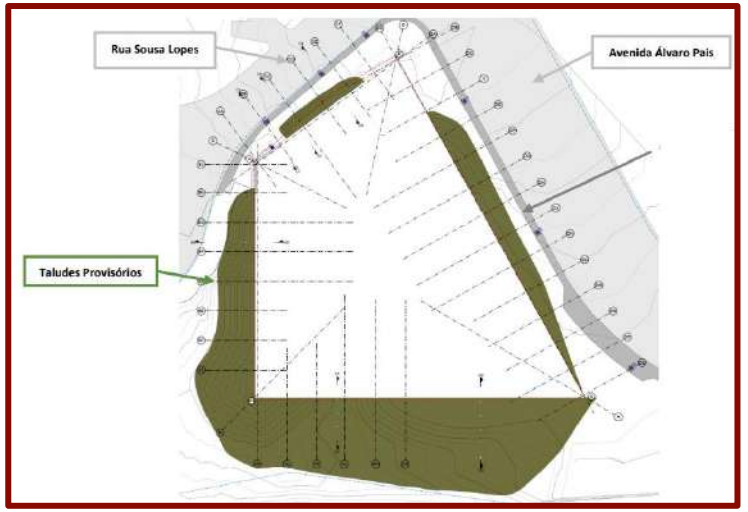


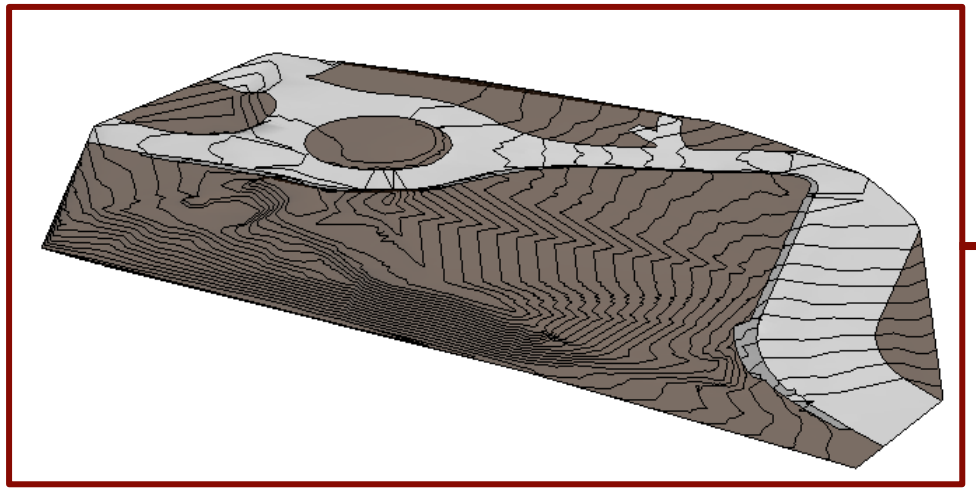
Berlim Provisório (2ª fase)

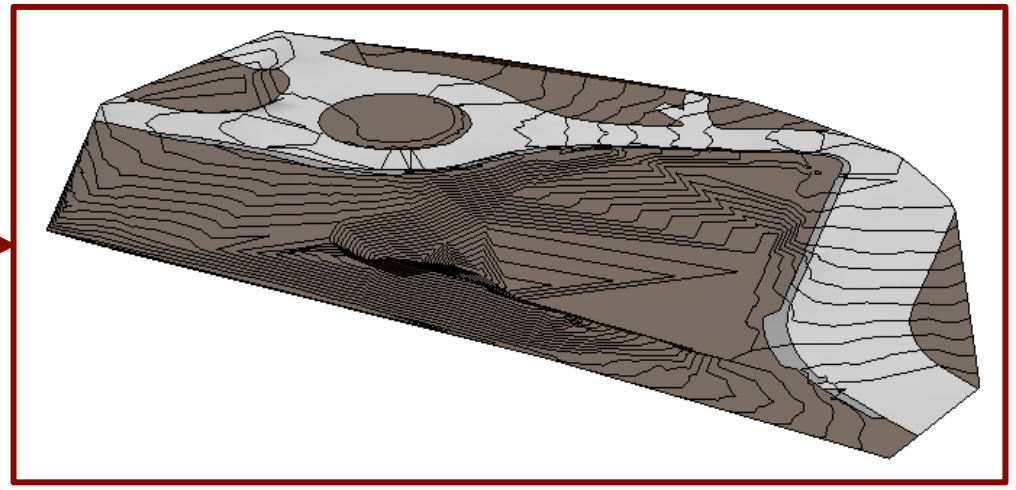


ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: PAREDE MOLDADA 500mm

- Execução prévia de taludes provisórios 2(H):1(V)
  - Otimização da solução
  - Compatibilização com arranjos exteriores
  - Consideração da escavação para a rampa de acesso
  - Plataforma de trabalho



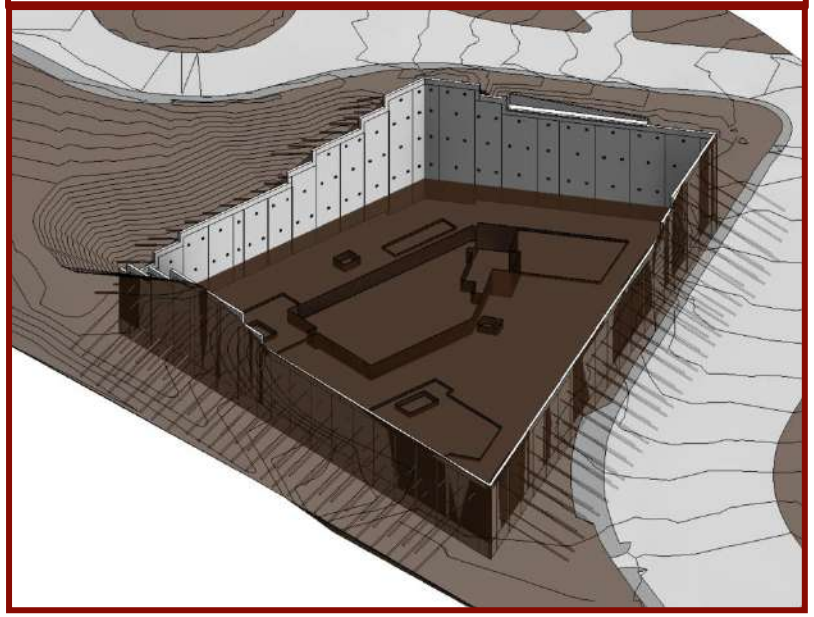




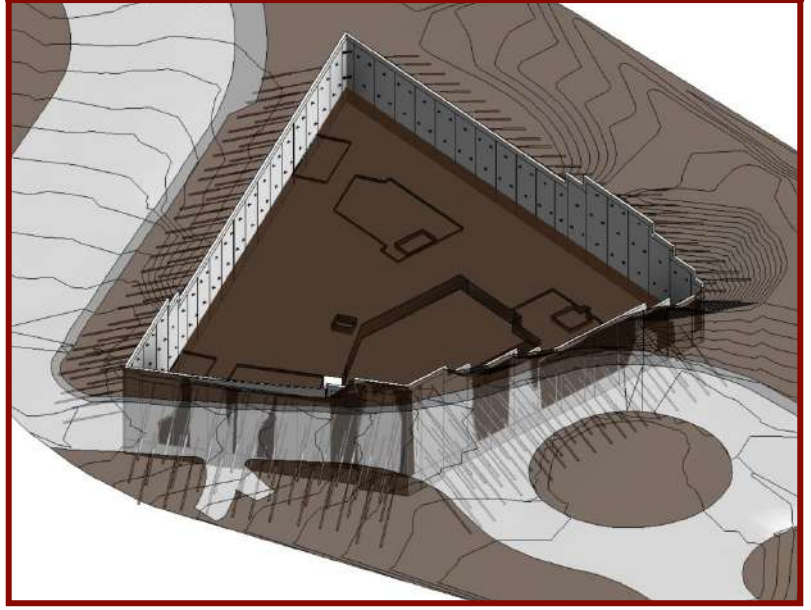
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: PAREDE MOLDADA 500mm

- Ancoragens provisórias em quincôncio // 3.5m
- Escoras metálicas de canto
- Viga de coroamento compatível com arruamentos e taludes provisórios

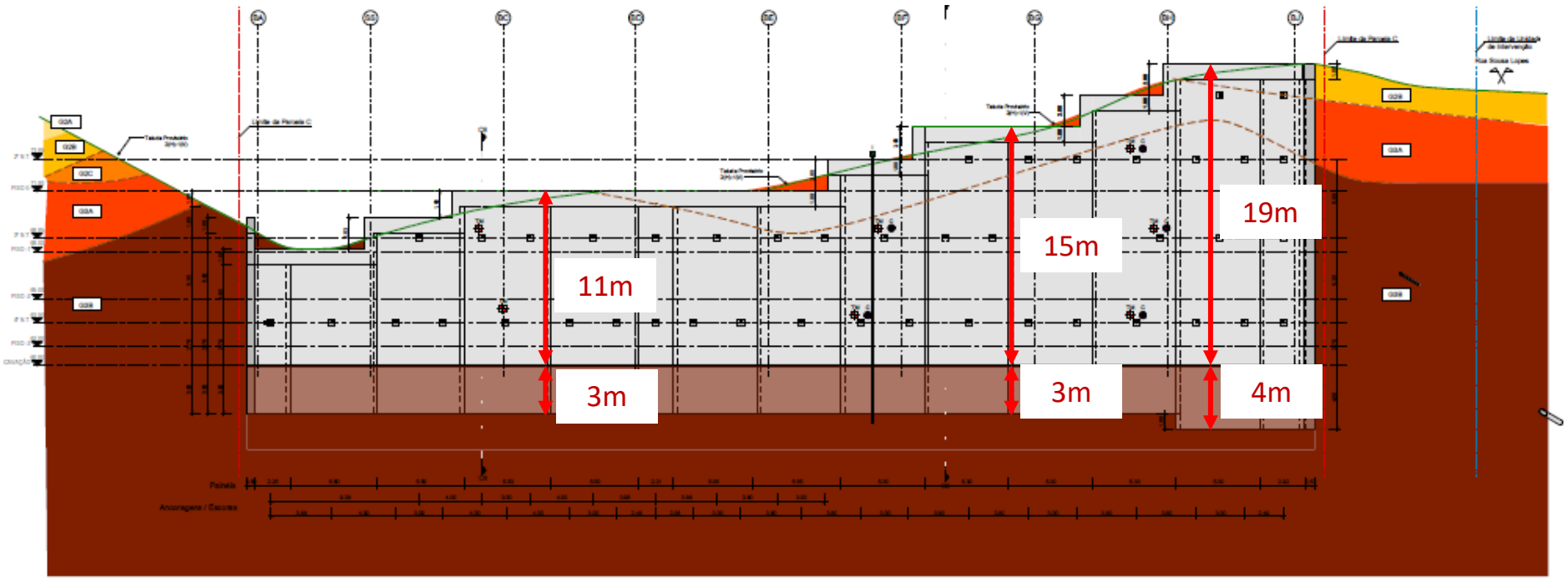
Vista Sudeste

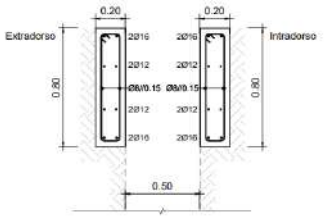


Vista Noroeste

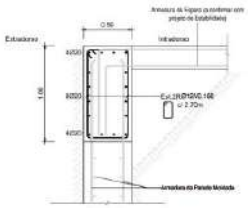


ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: PAREDE MOLDADA 500mm

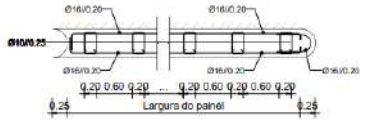




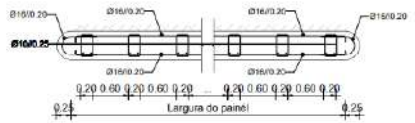
Muretes Guia



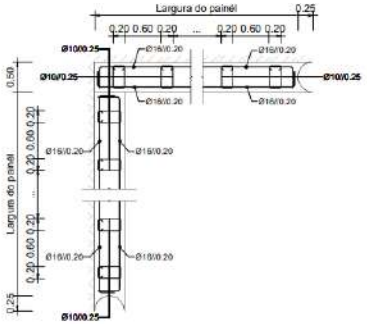
Viga de Coroamento



Painel de Continuidade

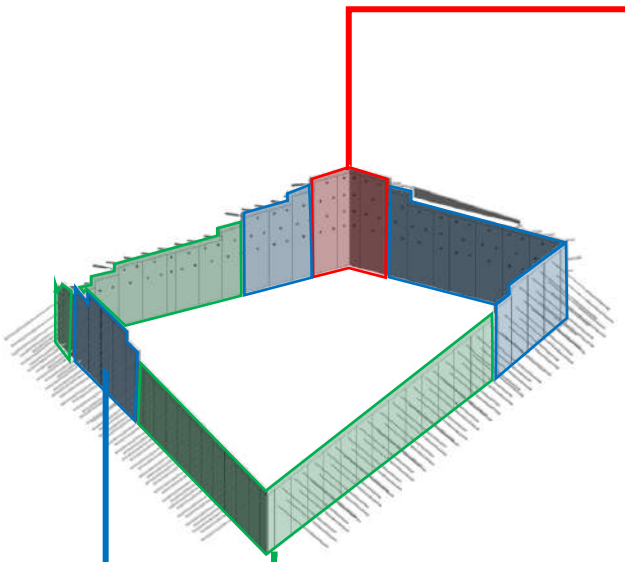


Painel de Fecho

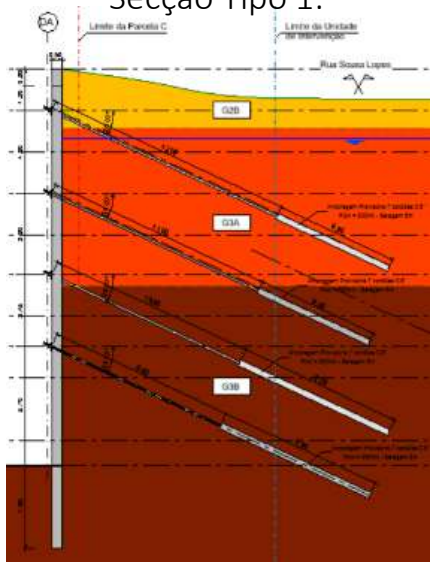


Painel de Canto

ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: PAREDE MOLDADA 500mm

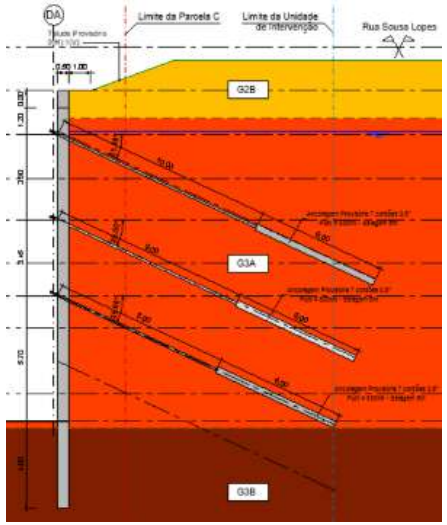


Secção Tipo 1:



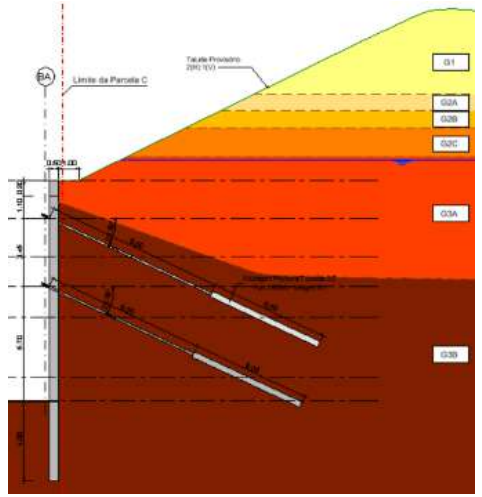
- ✓ Altura 19m -> Ficha 4m
- ✓ 4 Níveis de ancoragens

Secção Tipo 2:



- ✓ Altura 15m -> Ficha 3m
- ✓ 3 Níveis de ancoragens

Secção Tipo 3:

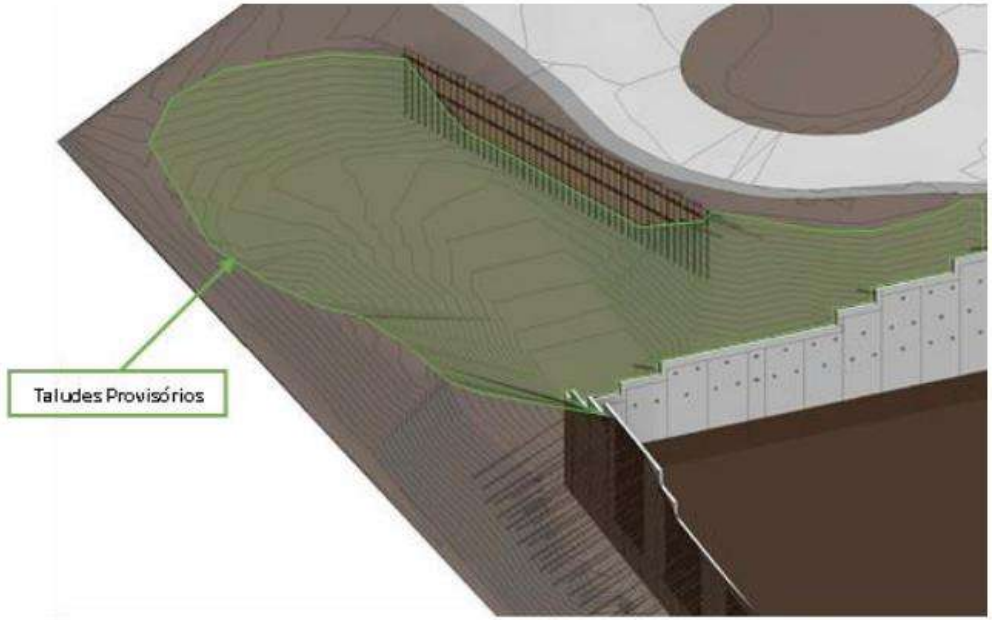


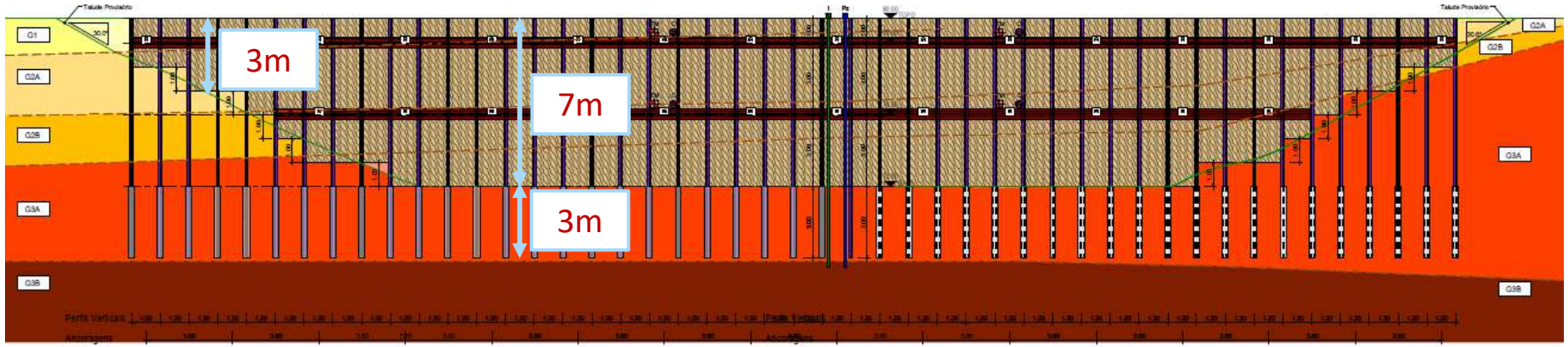
- ✓ Altura 11m -> Ficha 3m
- ✓ 3 Níveis de ancoragens

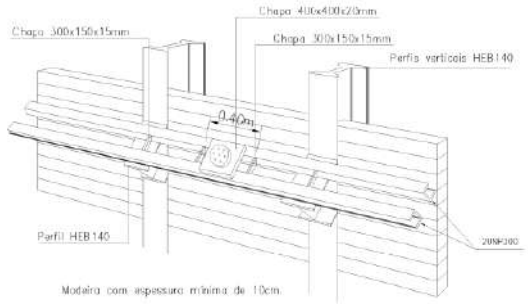
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: PAREDE MOLDADA 500mm

ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: BERLIM PROVISÓRIO

- Montantes HEB140 // 1.20m com selagens 3m (IGU)
- Vigas de distribuição UPN300
- Ancoragens provisórias // 3.60m
- Taludes periféricos 2(H):1(V) complementares

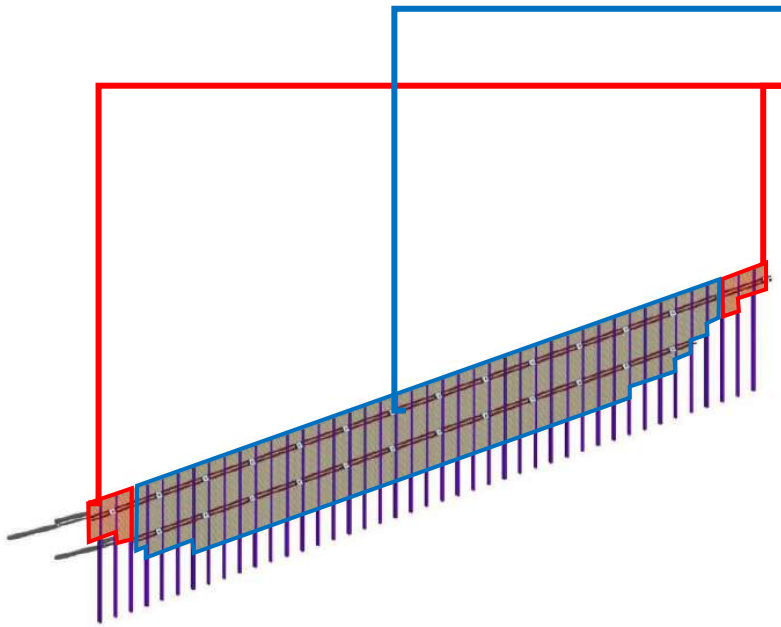




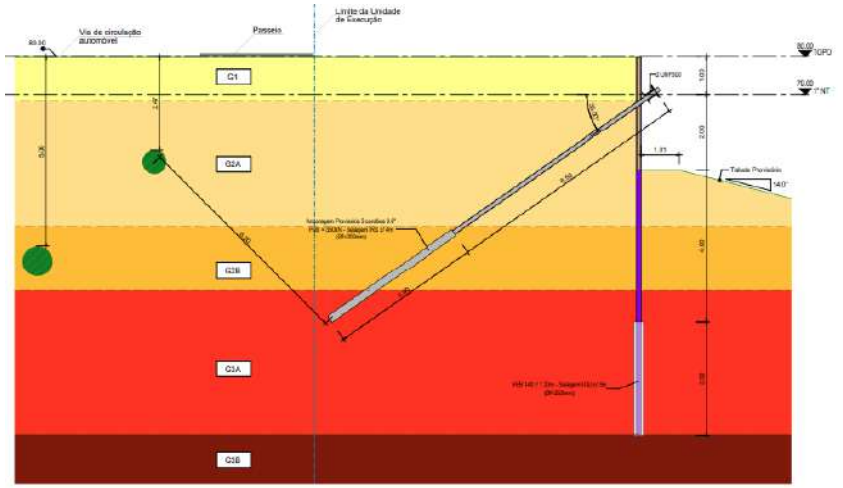


Vigas de Distribuição

ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: BERLIM PROVISÓRIO

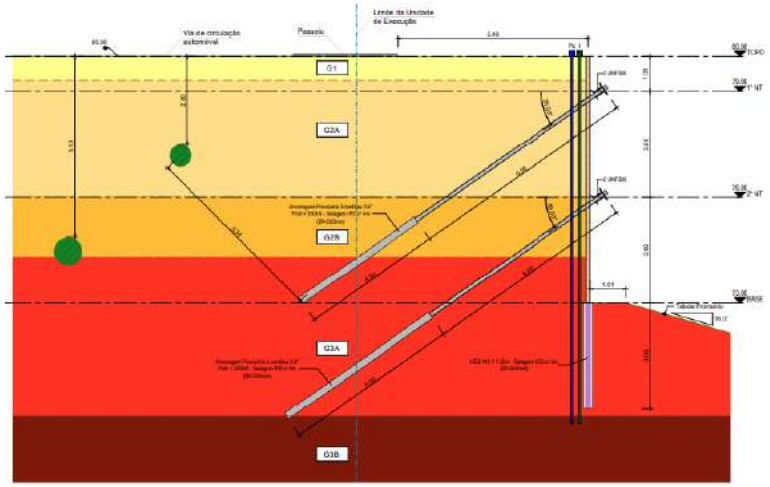


Secção Tipo 1:



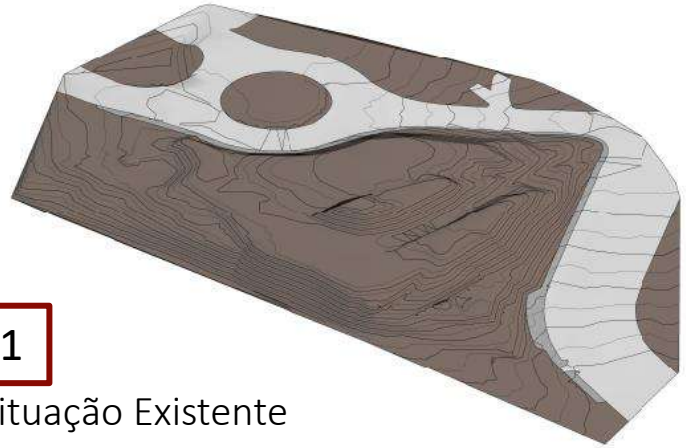
- ✓ Altura 3m
- ✓ 1 Nível de ancoragens

Secção Tipo 2:

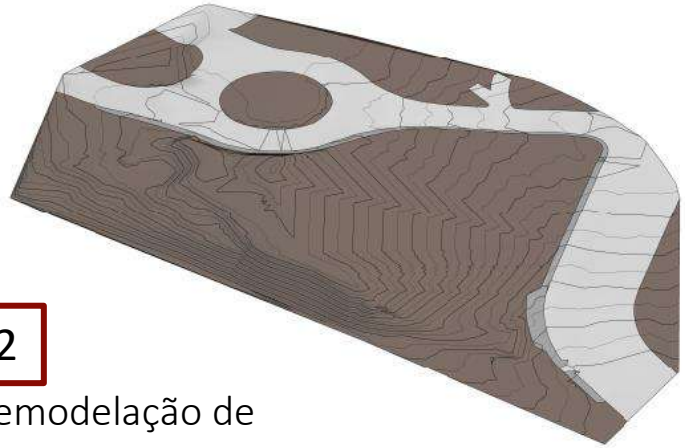


- ✓ Altura 7m
- ✓ 2 Níveis de ancoragens

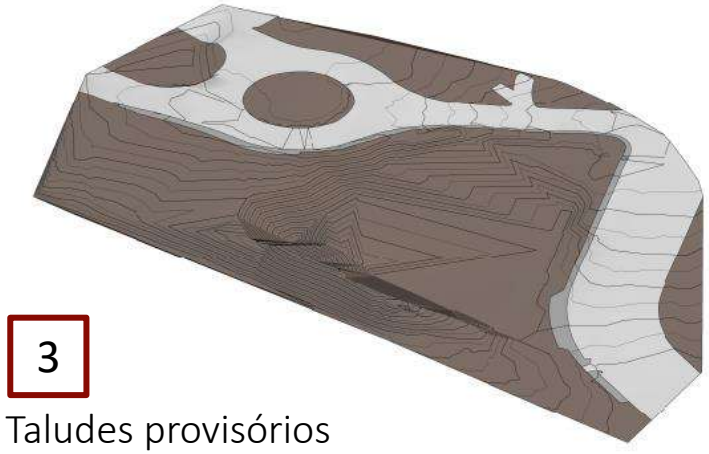
FASEAMENTO CONSTRUTIVO GERAL



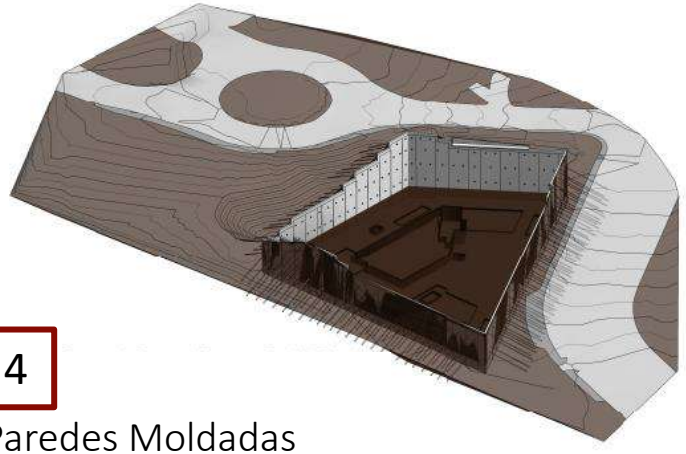
1
Situação Existente



2
Remodelação de Terrenos



3
Taludes provisórios



4
Paredes Moldadas

5
Berlim Provisório

6
Estrutura Definitiva e Arranjos Exteriores

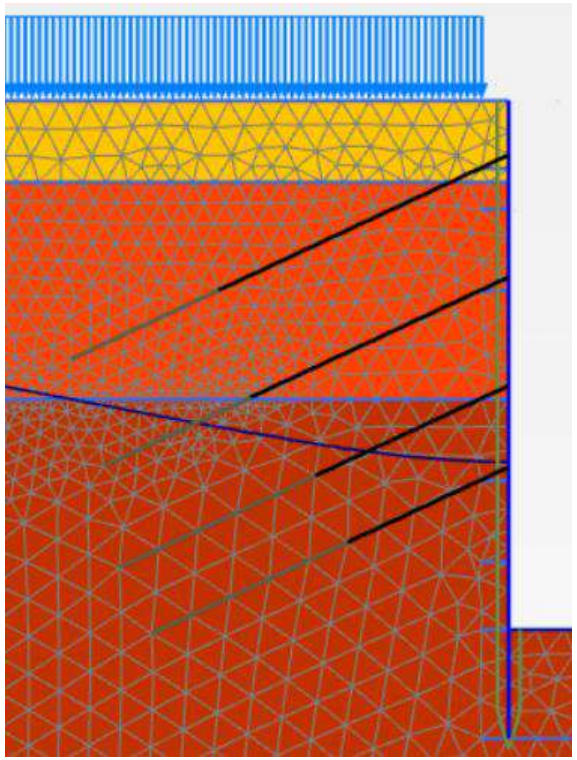
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **ANÁLISE NUMÉRICA**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

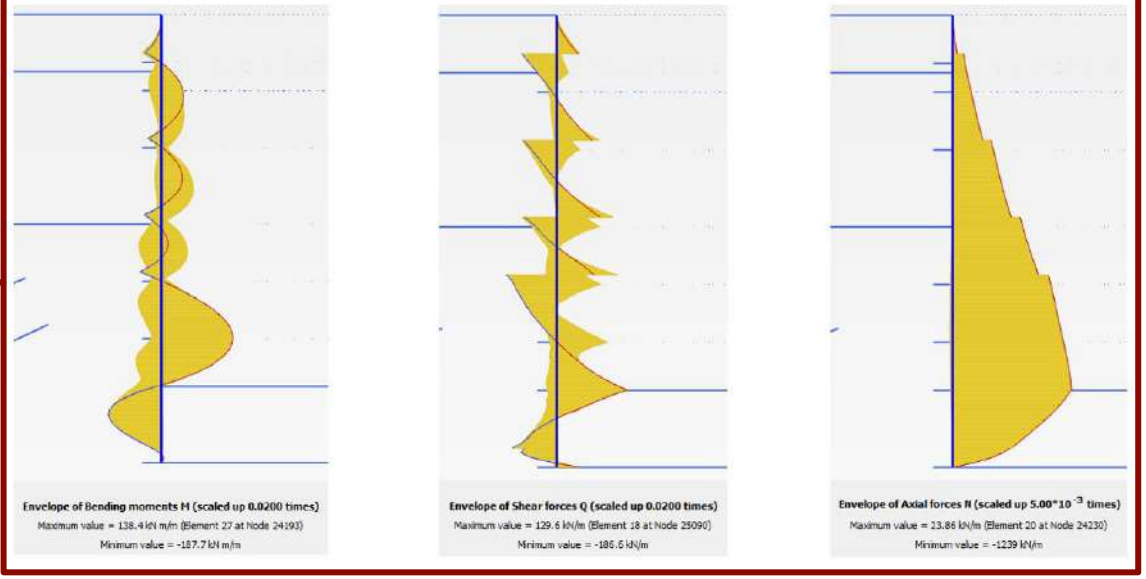
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: PAREDE MOLDADA 500mm

- Modelos De Elementos Finitos – PLAXIS 2D

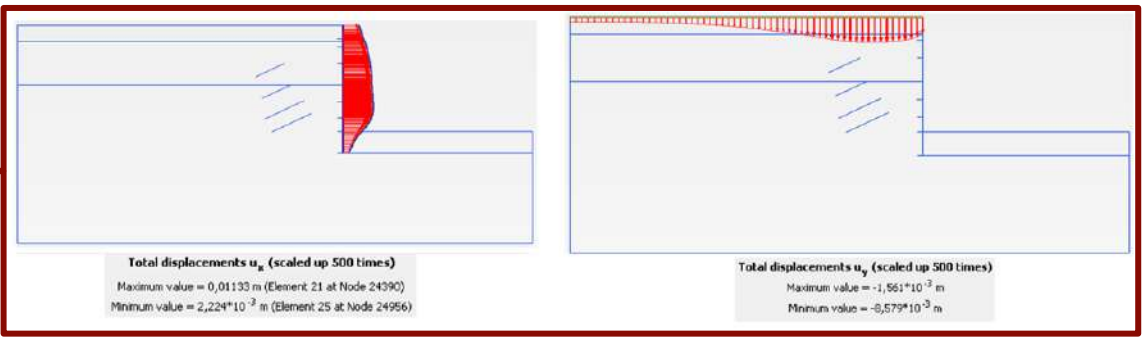
PLAXIS 2D



Esforços

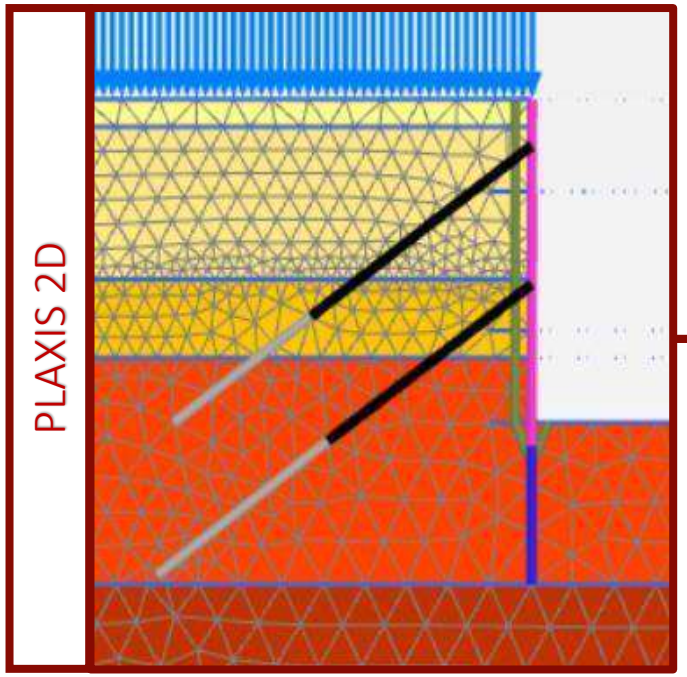


Deformações

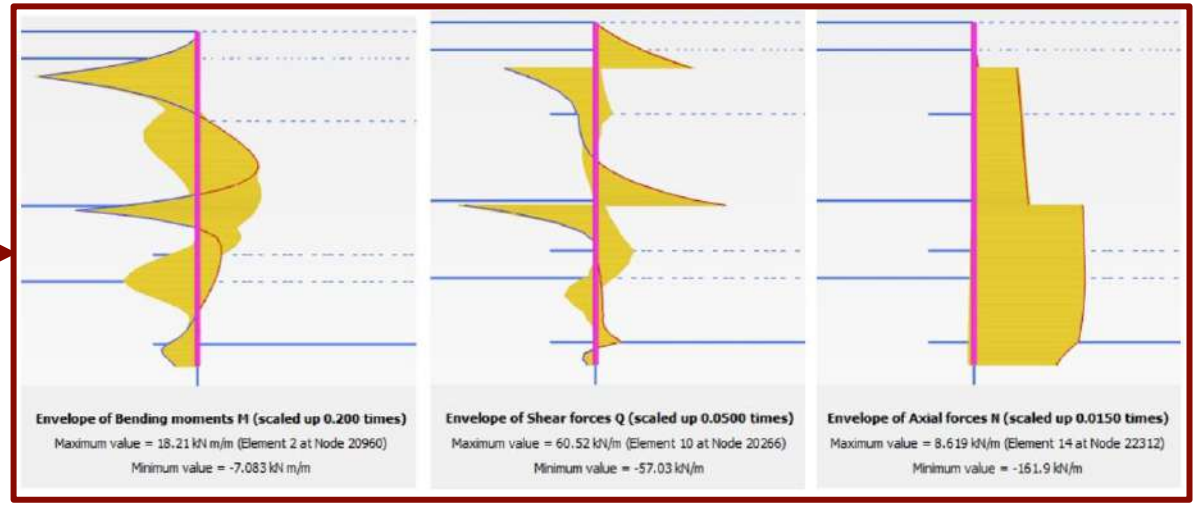


ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA: BERLIM PROVISÓRIO

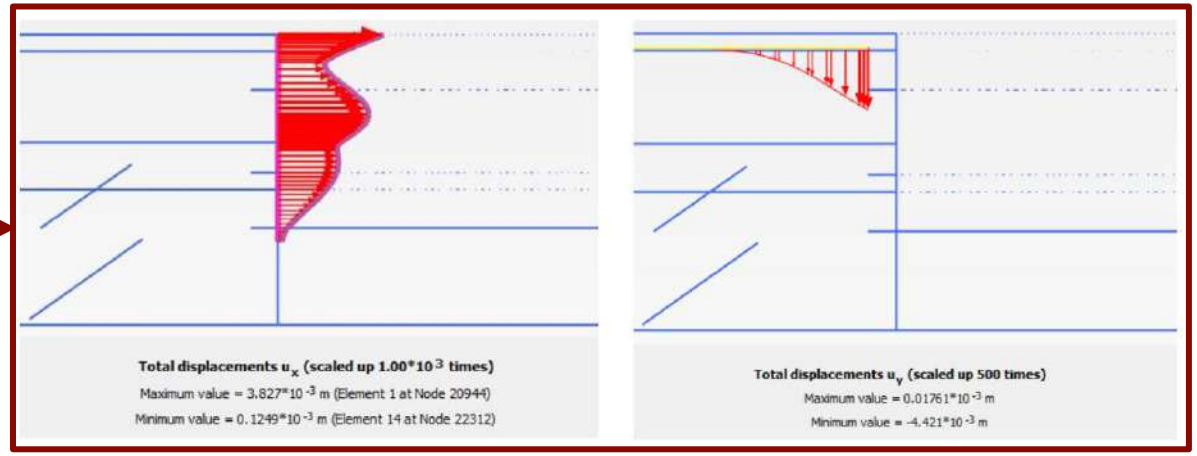
- Modelos De Elementos Finitos – PLAXIS 2D



Esforços



Deformações



ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

OBJETIVOS DO PIO E SISTEMA DE INSTRUMENTAÇÃO

Avaliar comportamento de Infraestruturas vizinhas

Avaliar comportamento da Estrutura de contenção

Sistema Instrumentação Automatizado

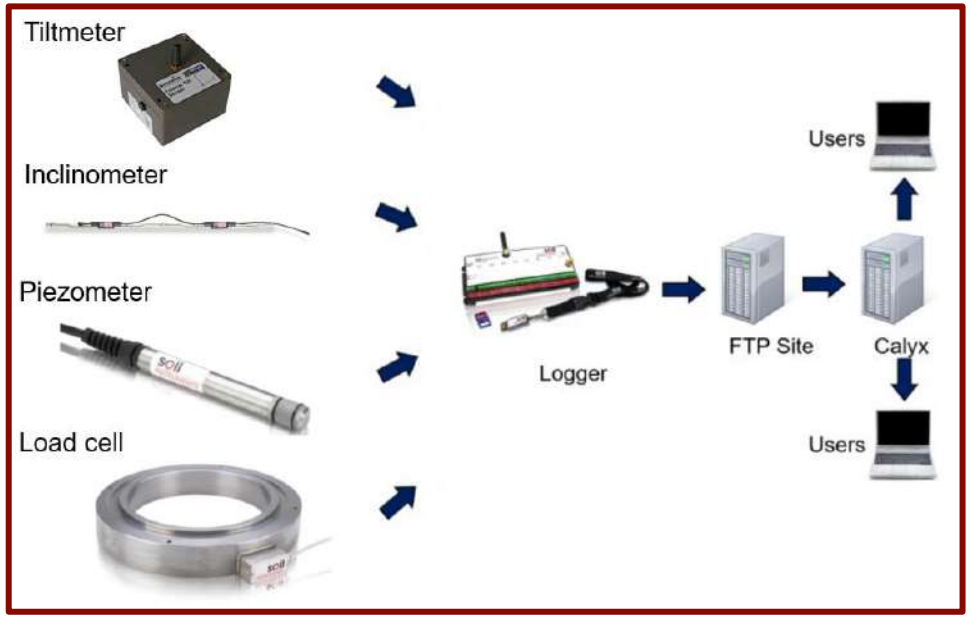
Critérios de Alerta e de Alarme

Validação dos pressupostos de projeto

Gestão do risco

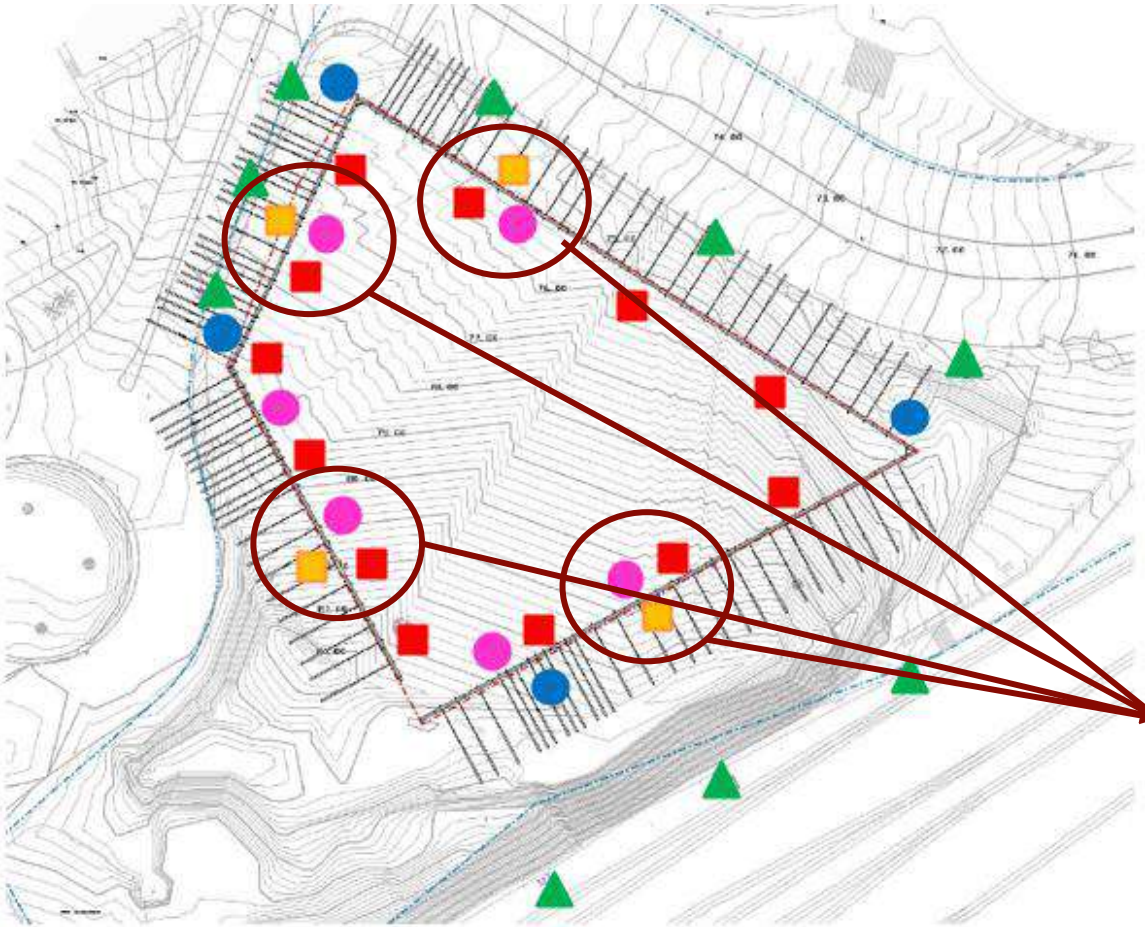
Implementação atempada de medidas de reforço

Possibilidade de otimização, em particular de travamentos provisórios



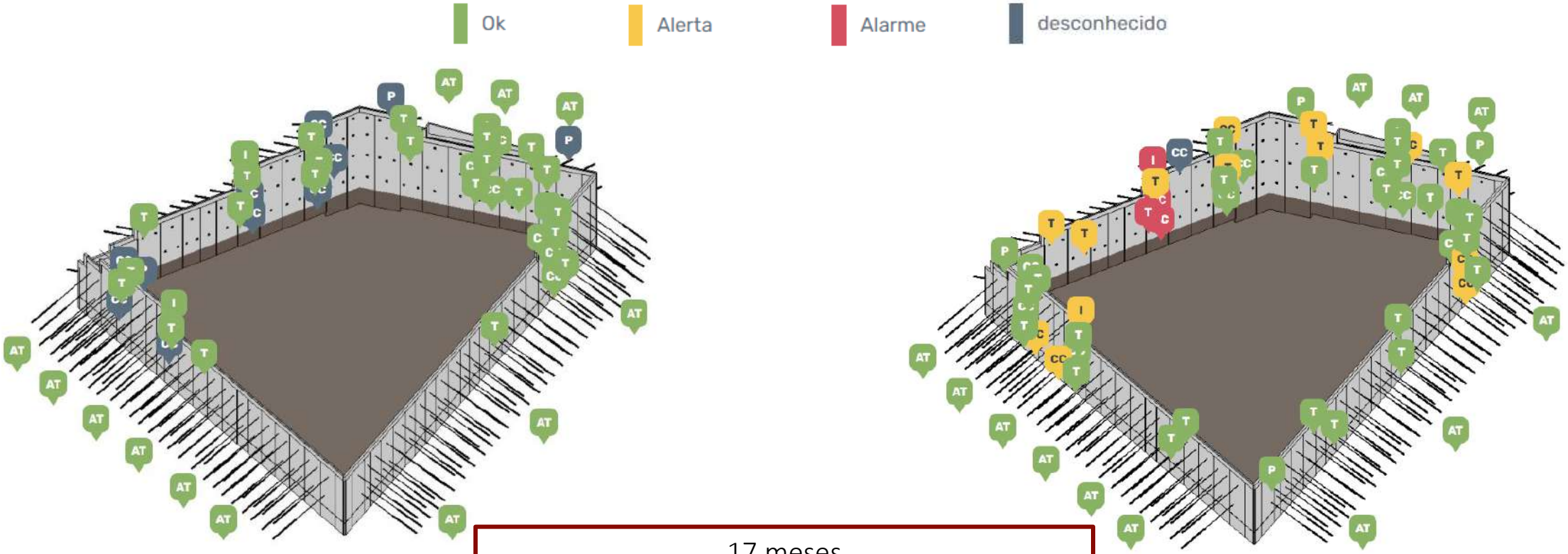
Toda a informação reunida num sistema remoto que permitirá a observação e monitorização em tempo real

DISPOSITIVOS E CRITÉRIOS DE ALERTA E ALARME



Estrutura	Critério de Alerta	Critério de Alarme
Estrutura de Contenção	Δh =25mm	Δh =35mm
	Δv =10mm	Δv =15mm
Ancoragens	Δcarga=10%	Δcarga=20%
Tiltmeters	Δθ=0.1º	Δθ=0.2º
Linhas IP	Δh=Δv=10mm	Δh=Δv=20mm

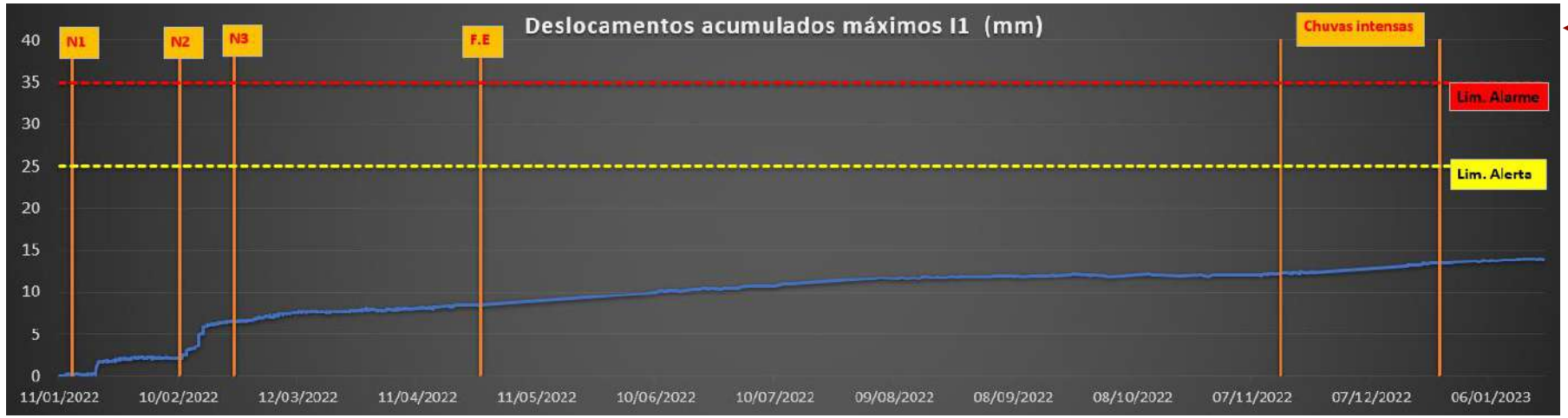
RESULTADOS E ANÁLISE DA INSTRUMENTAÇÃO

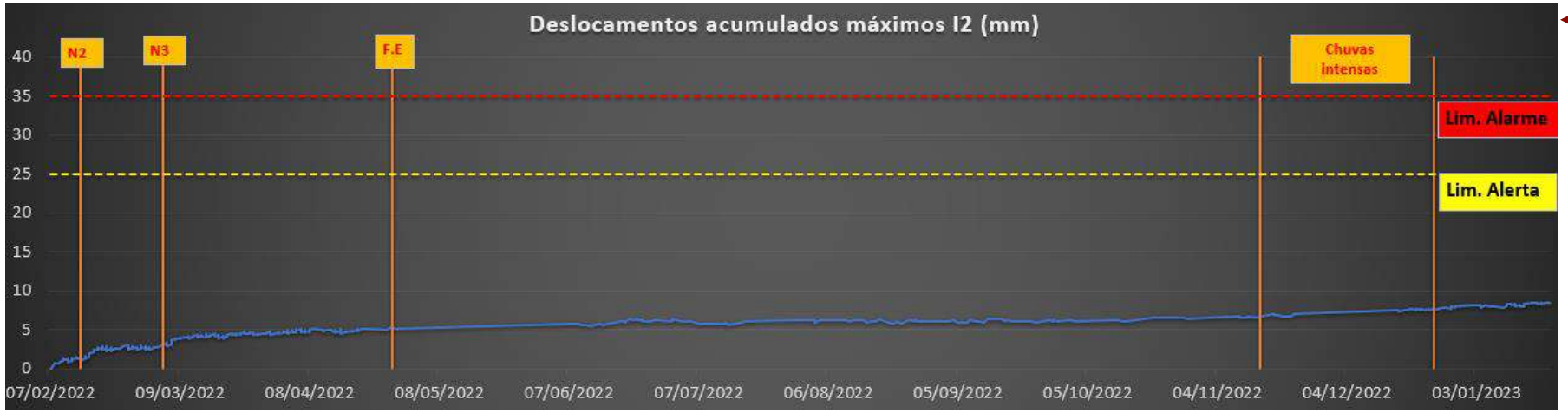


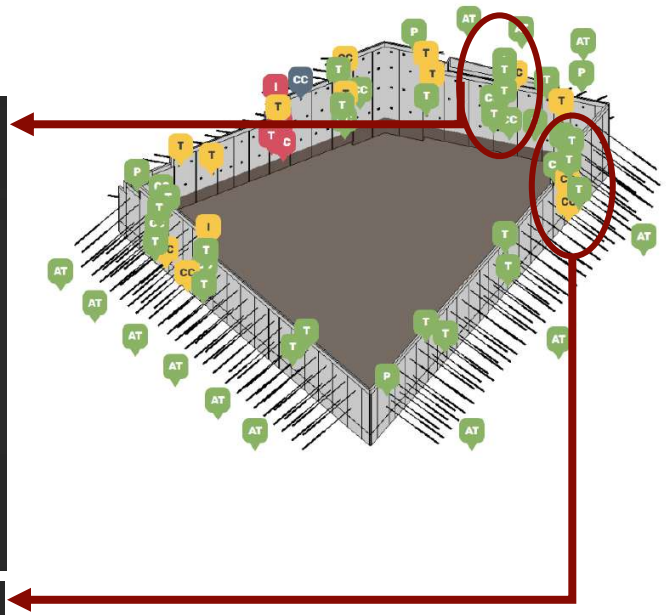
17 meses
5 meses (escavação) + 12 meses (obra parada)

Janeiro 2022 → Maio 2023

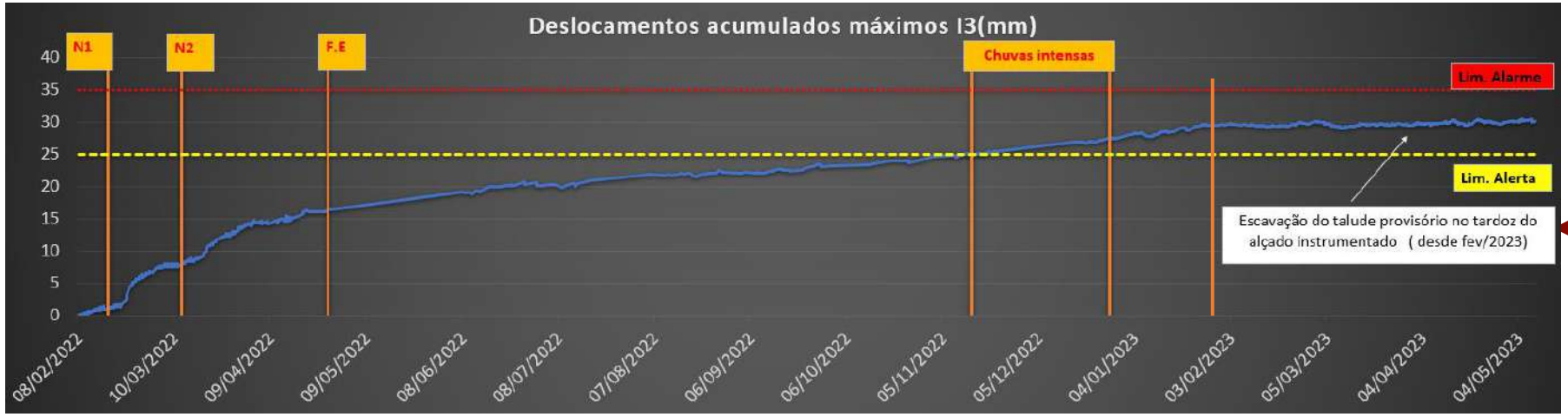
RESULTADOS E ANÁLISE DA INSTRUMENTAÇÃO (INCLINÓMETROS I1 E I2)

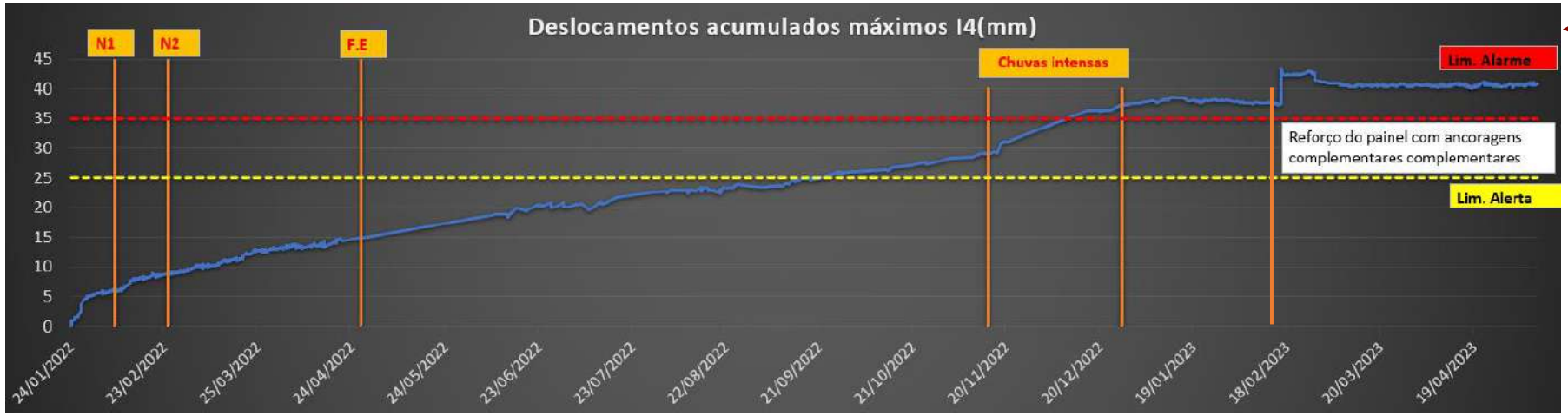


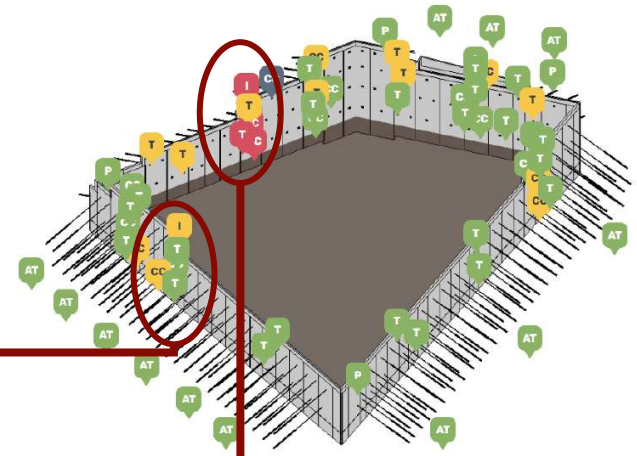




RESULTADOS E ANÁLISE DA INSTRUMENTAÇÃO (INCLINÓMETROS I3 E I4)







MEDIDAS DE REFORÇO

- reforço do travamento
- tratamento dos terrenos
- reforço da drenagem

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **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 caracterize os terrenos em profundidade

Importância do **Papel da Geotecnia** nas escavações em meio urbano

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

Reflexão pós-obra: alternativas às decisões tomadas tendo por base a informação recolhida em obra

EDIFICIO PHOENIX, LISBOA
SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

JET SJ

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO!

AGRADECIMENTOS

Gestão de Projeto

Rockbuilding
Solid Project Management

Empreiteiro

dst group
building culture

Fiscalização

Teixeira Trigo

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

Construção de Parque Eólico Marítimo
Offshore Wind Farm Construction

Gondar, João[a], Pinto, Alexandre[b], Fernandes, Sara[c]

[a] New Power Partners

[b] JETsj

[c] DEME

Artigo #7764, 15/05/2015, 12:00-13:00, sala 110

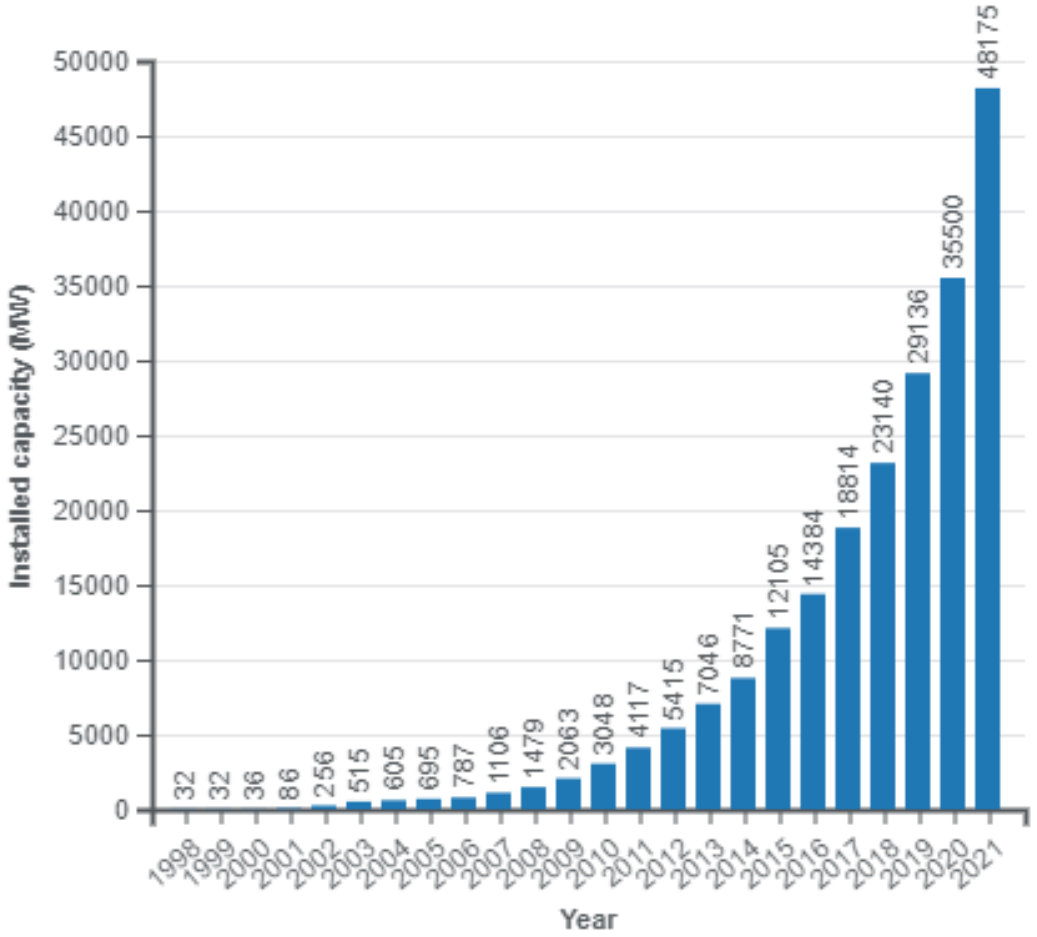
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- TECNOLOGIA
- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- EROSÃO
- INSTALAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- TECNOLOGIA
- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- EROSÃO
- INSTALAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA DO ÉOLICO MARÍTIMO



1991-2001
- Primeiros projetos;
- Dimensão total de ~20MW;
- Produção de 28 dias/turbina.

2002-2011
- Crescimento da cadeia de distribuição;
- Melhoria de métodos de construção;
- Produção de 2 dias/turbina;
- Custo energia EUR 90-167/MWh.

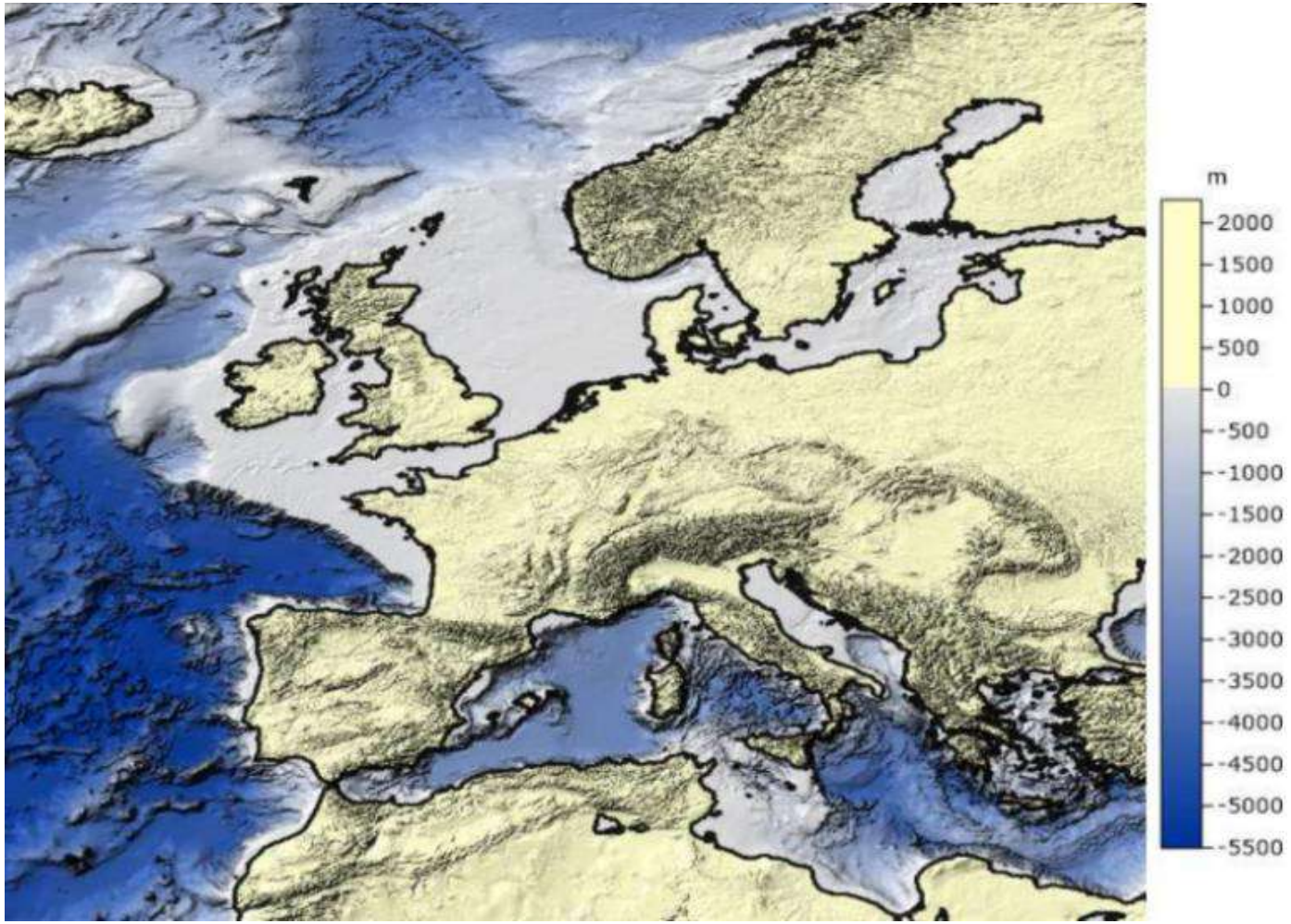
2012-2017
- Aumento da competitividade;
- Redução de custos de fabrico e construção;
- Produção 0.66 dias/turbina;
- Custo energia reduziu para EUR 65/MWh.

2018-2022
- Globalização internacional;
- Novas tecnologias – eólico flutuante;
- Produção de 0,5 dias/turbina;
- Custo energia abaixo de EUR 65/MWh.

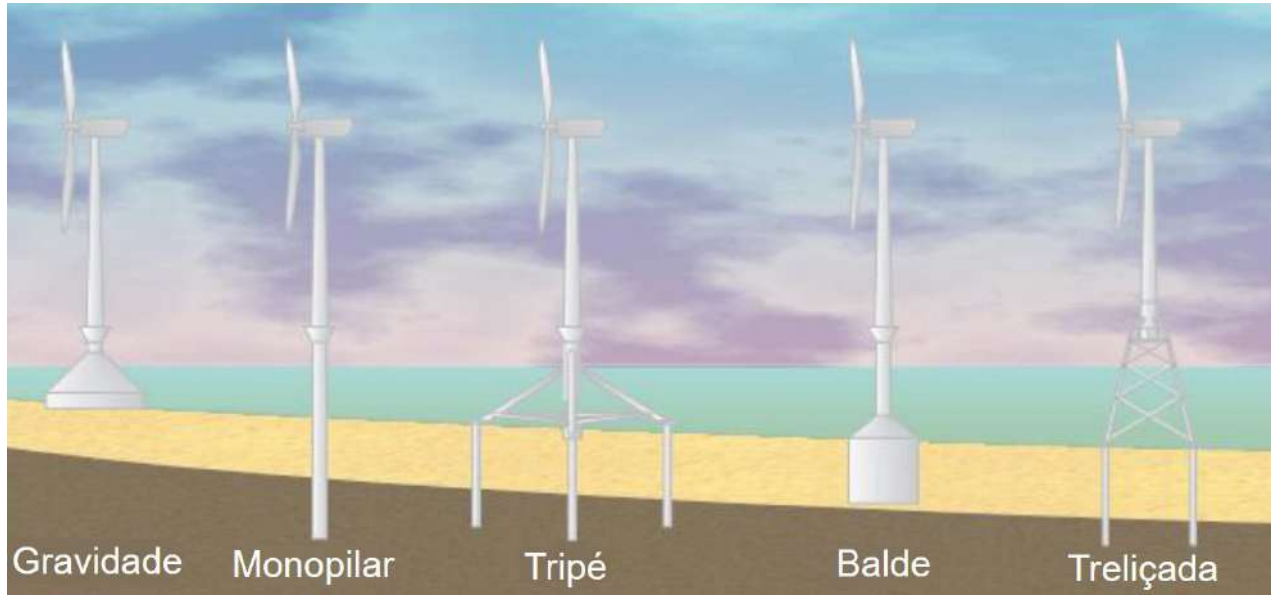
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- TECNOLOGIA
- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- EROSÃO
- INSTALAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

- TECNOLOGIA: IMPORTÂNCIA DOS FUNDOS MARÍTIMOS



❑ TECNOLOGIA



Gravidade

- Utilizadas mais regularmente em profundidades reduzidas;
- Normalmente em betão;
- Solução potencialmente competitiva, apesar de pouco utilizada.

Mono-estaca

- Representam cerca de 80% das soluções;
- Custos de fabrico comparativamente mais reduzidos;
- Utilizadas em profundidades até cerca de 35m.

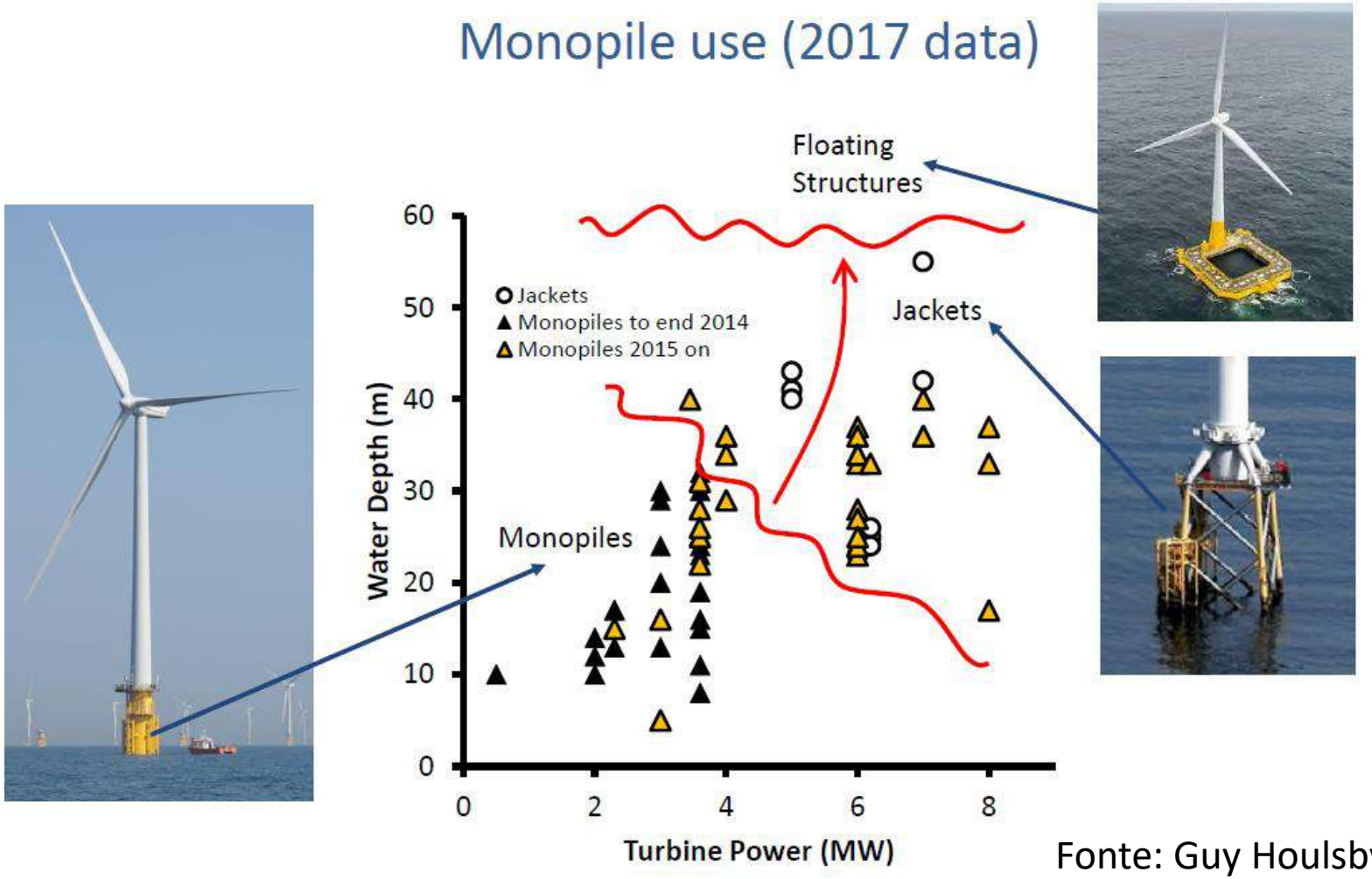
Reticuladas

- Profundidades entre 35-60m;
- Métodos de fundação podem envolver estacas ou baldes de sucção;
- Custos de fabrico, transporte e instalação mais elevados.

Flutuante

- Profundidades superiores a 60m;
- Custos elevados de fabrico;
- Tecnologia com maior potencial em Portugal.

EVOLUÇÃO DA TECNOLOGIA



Fonte: Guy Houlsby

PRINCIPAIS ETAPAS

Estudos de viabilidade; → Conceção preliminar; → Conceção definitiva;

↓

Aquisição; → Fabrico de componentes; → Transporte;

↓

Instalação; → Operação e manutenção; → Desconstrução.

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- TECNOLOGIA
- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- EROSÃO
- INSTALAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA

Caracterização Geológica

- Apoio à definição e seleção dos métodos de prospeção;
- Historial geológico da área em estudo;
- Baseado no tipo e tamanho da turbina a instalar e uniformidade dos terrenos existentes.

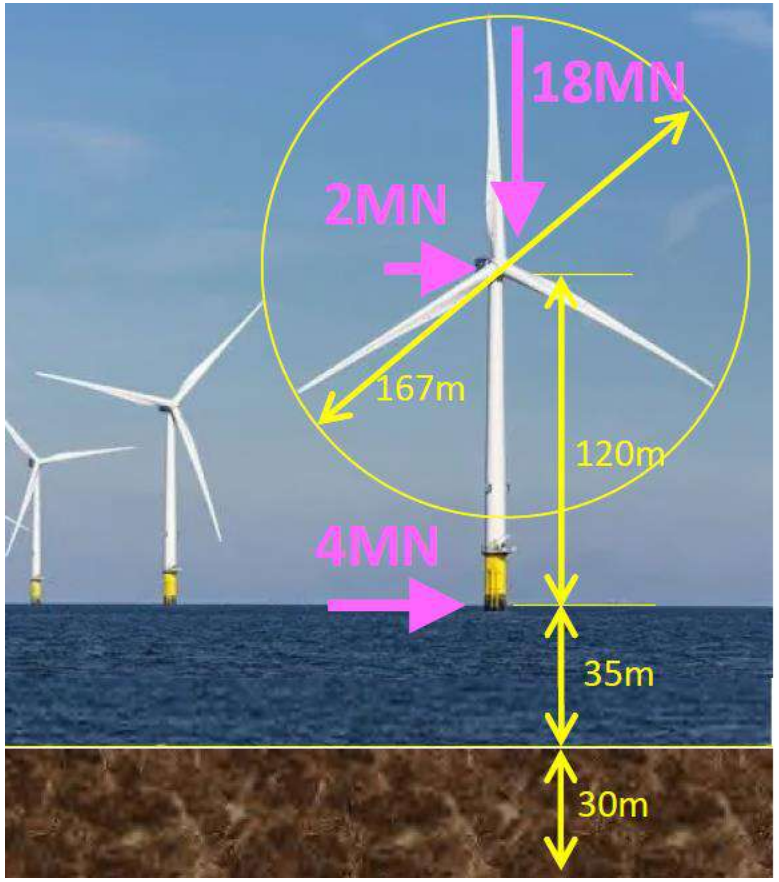
Prospeção Geofísica

- Batimetria do leito oceânico - eco batímetro;
- Topografia – sonar e magnetómetro;
- Estratigrafia;
- Identificação de objetos perigosos.

Prospeção Geotécnica

- Baseado nos dados geofísicos obtidos;
- Propriedades micro e macroscópicas, químicas, mecânicas e de saturação;
- Extensão de acordo com a dimensão do parque eólico e complexidade do subsolo;
- Mínimo 1 ensaio CPT por cada elemento de fundação de turbina.

❑ IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA NA CONCEÇÃO – AÇÕES VS RESISTÊNCIA



Hornsea 2 Wind Farm (Ørsted)

Loading on a wind turbine
(8MW Gamesa)

Estimated loads:

Vertical = 18MN (1800 tonnes)

Horizontal = 6MN
= **4MN** wave/current + 2MN wind

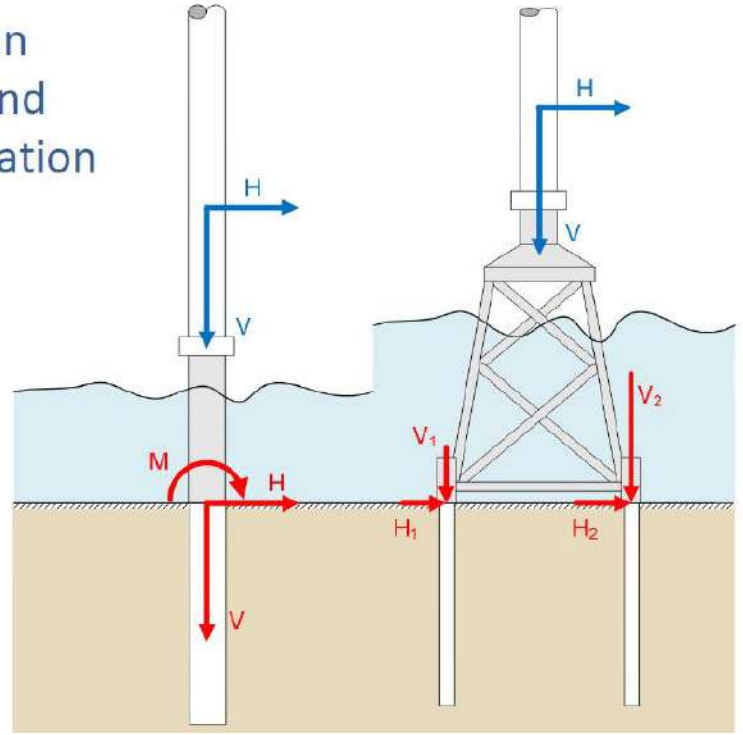
Moment = 450MNm
= 140MNm wave/current + **310MNm** wind

Fonte: Guy Houlsby

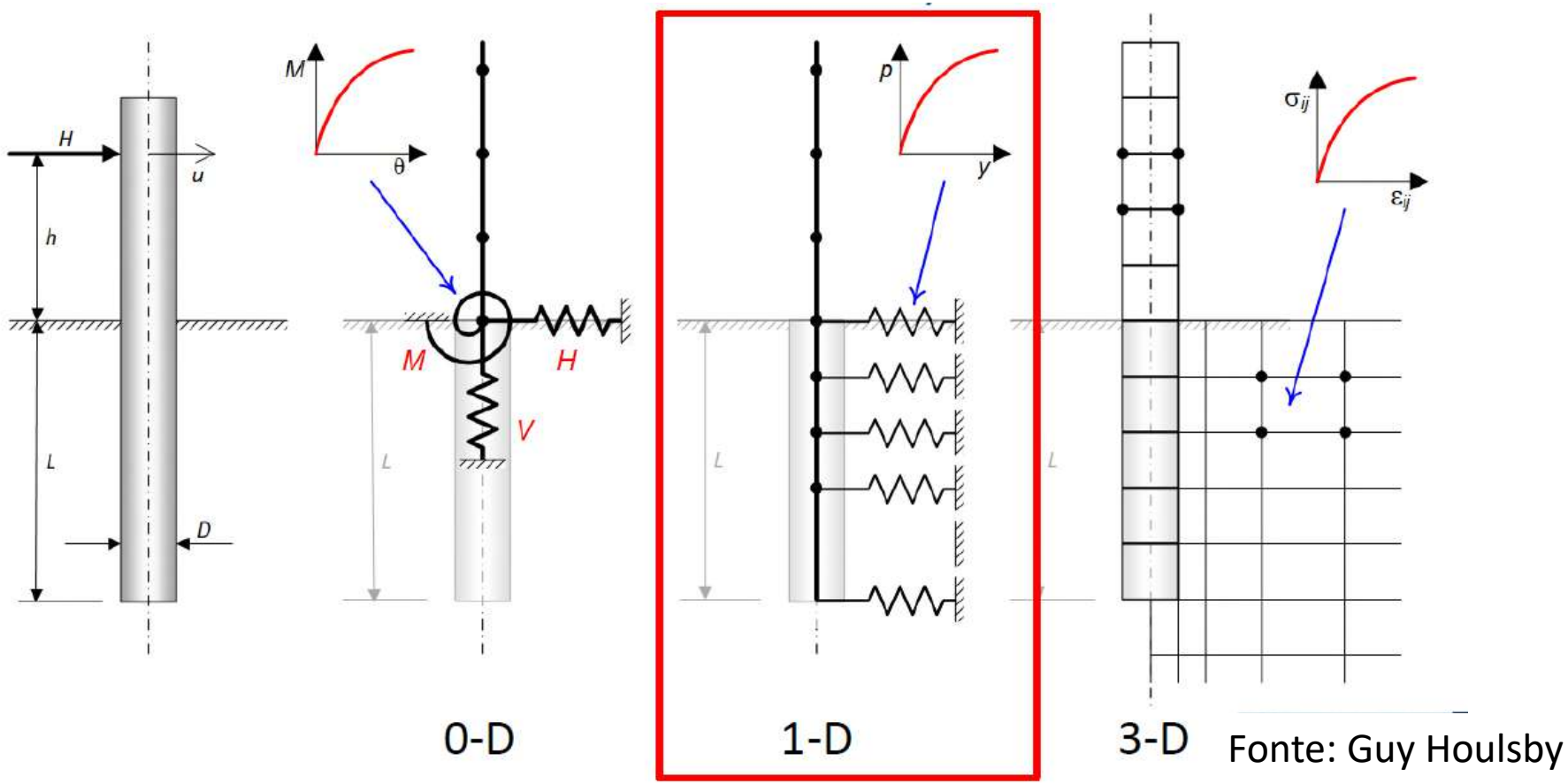
IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA NA CONCEÇÃO – AÇÕES VS RESISTÊNCIA

Ações Permanentes	Ações Ambientais	Ações Variáveis
• Peso próprio estrutura; • Peso equipamento; • Pressão hidrostática.	• Ação do vento; • Agitação marítima; • Ação sísmica; • Correntes; • Ação das marés; • Neve e gelo.	• Pessoal técnico; • Carregamentos operacionais; • Impacto de embarcações de acesso; • Cargas cíclicas.

- Frequência própria a ser controlada
- Resposta dinâmica de interação solo-estrutura
- Utilização do modelo não linear de Winkler
- Utilização da curva p-y validada através de modelo de elementos finitos

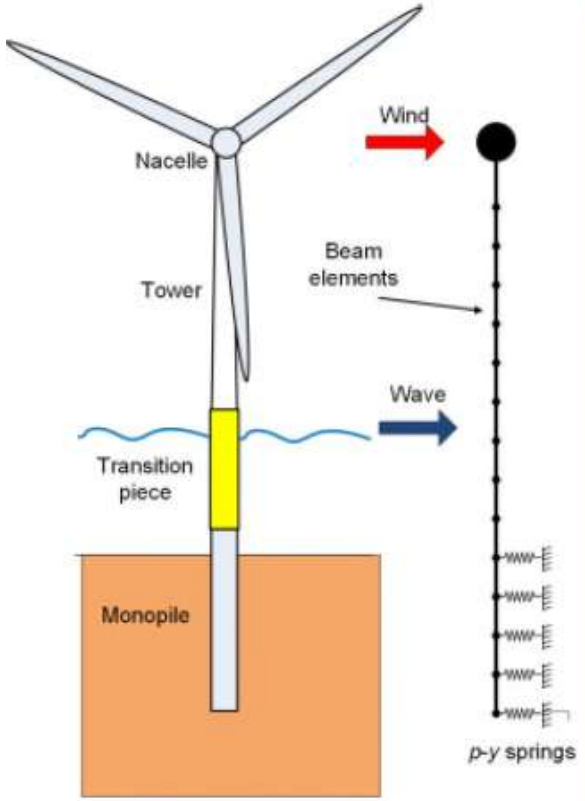


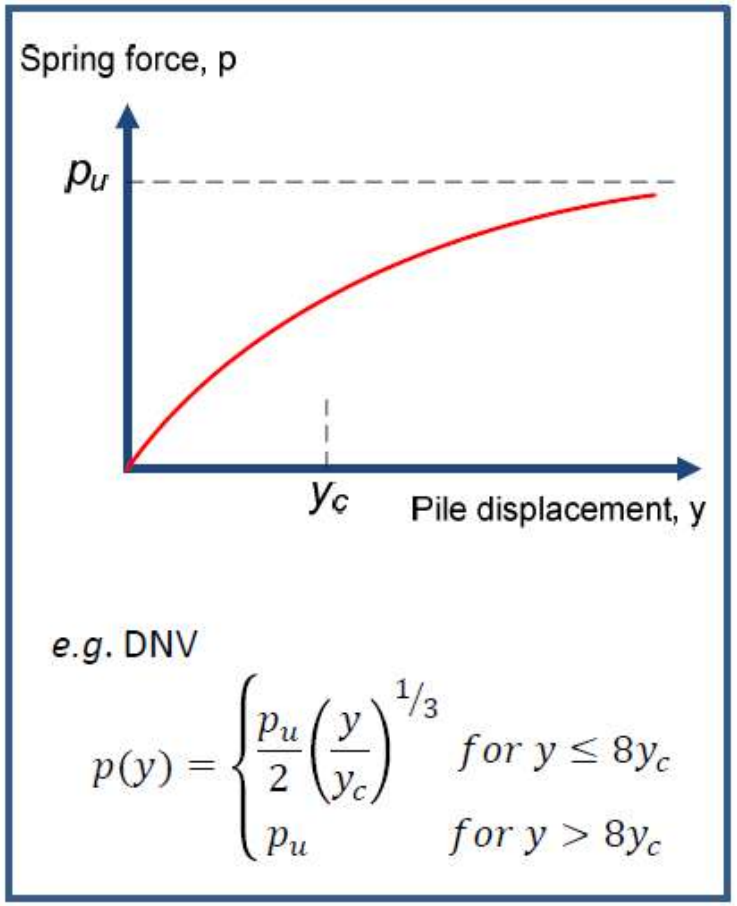
IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA NA CONCEÇÃO (EX: MODELAÇÃO MONO-ESTACA)



Fonte: Guy Houlsby

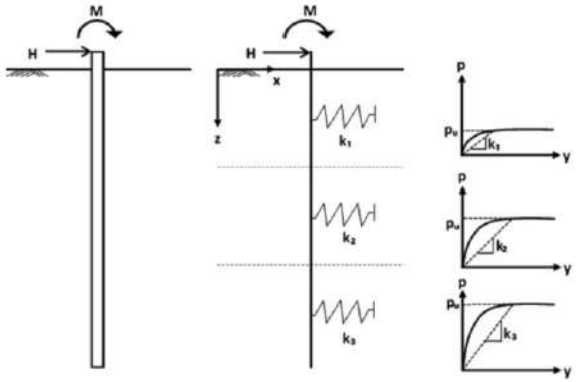
IMPORTÂNCIA DA CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA NA CONCEÇÃO (EX: MODELAÇÃO MONO-ESTACA)





$$P_u = \int_{z_0}^{L} (f_s C)dz + f_b A_b - W_p$$

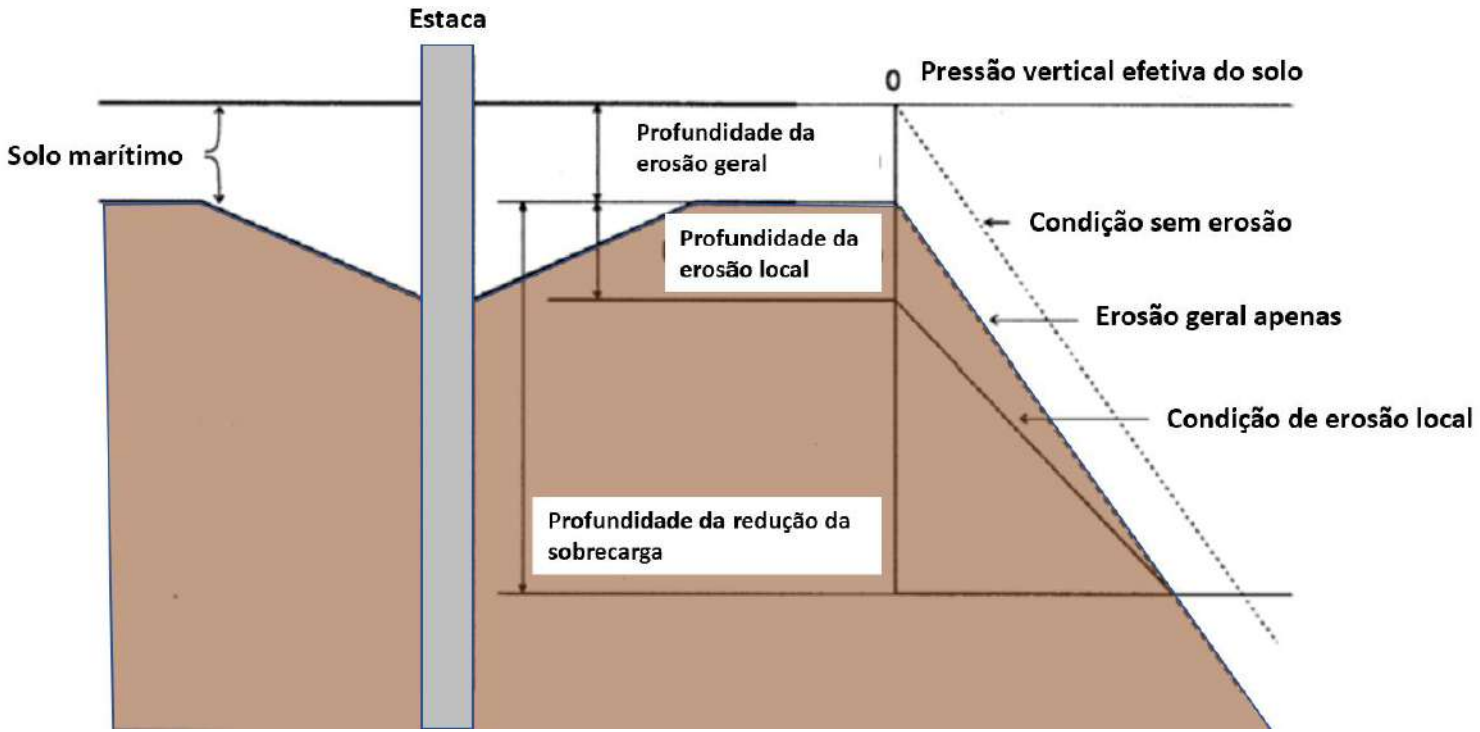
P_u – capacidade
f_s – resistência por atrito lateral
C – diâmetro da estaca
L – comprimento da ficha da estaca
z_0 – comprimento abaixo do solo marítimo onde não é espectável a mobilização do atrito lateral
f_b – resistência última da base da estaca
A_b – área bruta da base do estaca
W_p – peso do estaca



ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- TECNOLOGIA
- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- **EROSÃO**
- INSTALAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

PROTEÇÃO CONTRA A EROSÃO



Fenómeno de arrastamento de sedimentos por efeito da ação de correntes e ondas.

Pode ocorrer devido às características do solo e velocidade da corrente que gera um vórtice em torno da estaca.

Perda de resistência por atrito lateral no caso da fundação em mono estaca.

Soluções

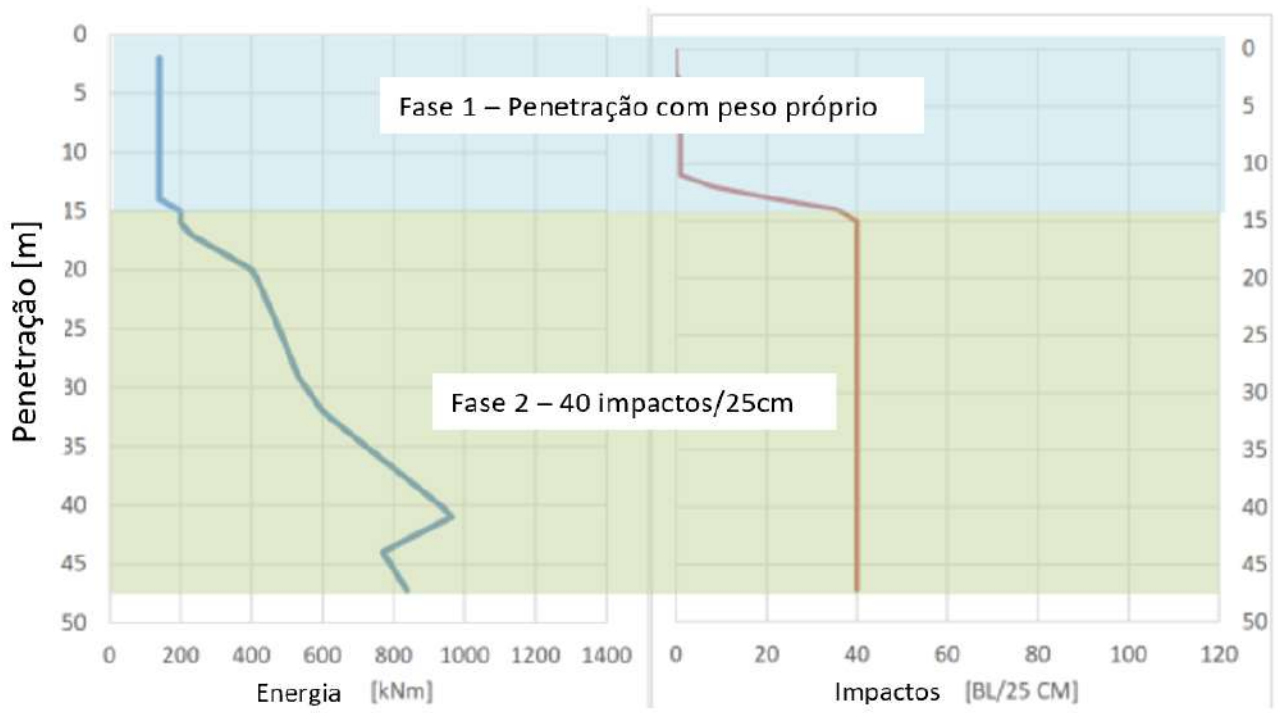
- Dimensionar a fundação considerando a profundidade de erosão máxima
- Colocação de material de enrocamento após instalação da estaca
- Tratamento do terreno

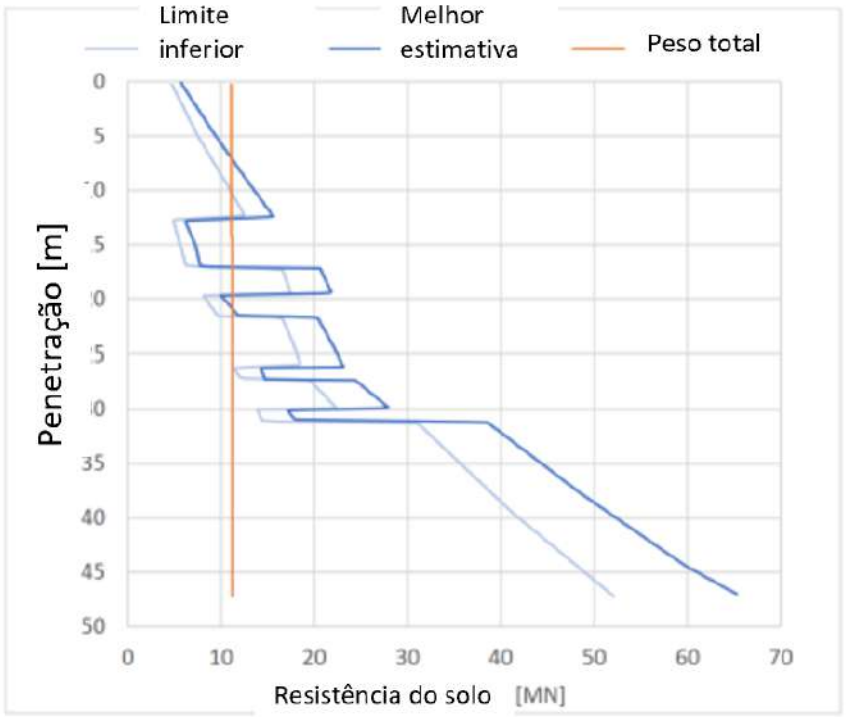
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- TECNOLOGIA
- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- EROSÃO
- **INSTALAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

INSTALAÇÃO

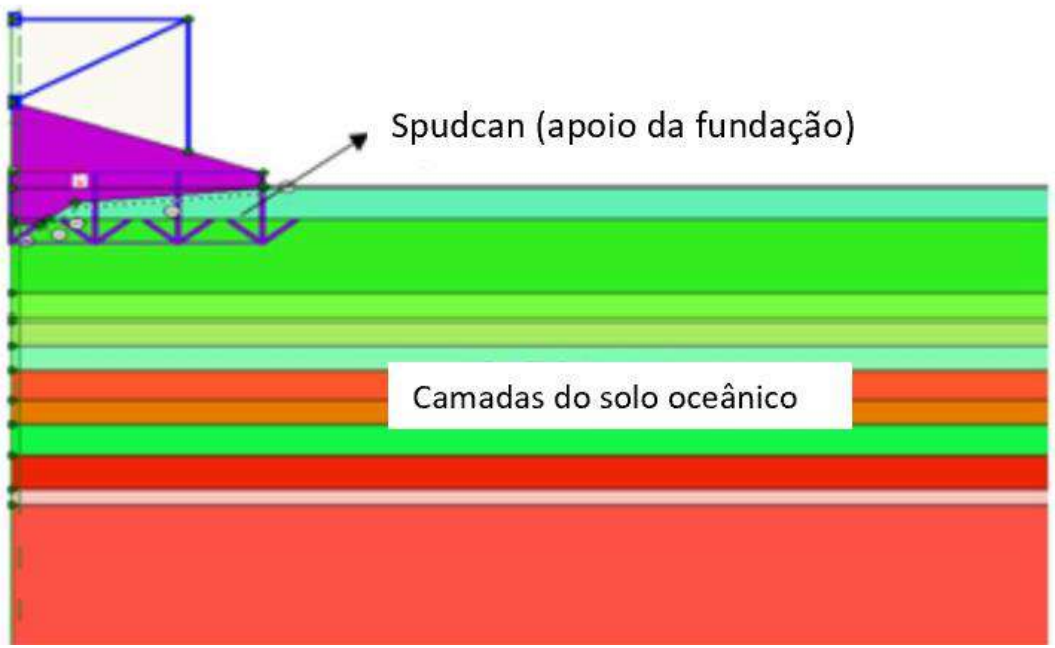
- Análise do processo de cravação das mono estacas: risco de punçoamento da estaca (pile run)

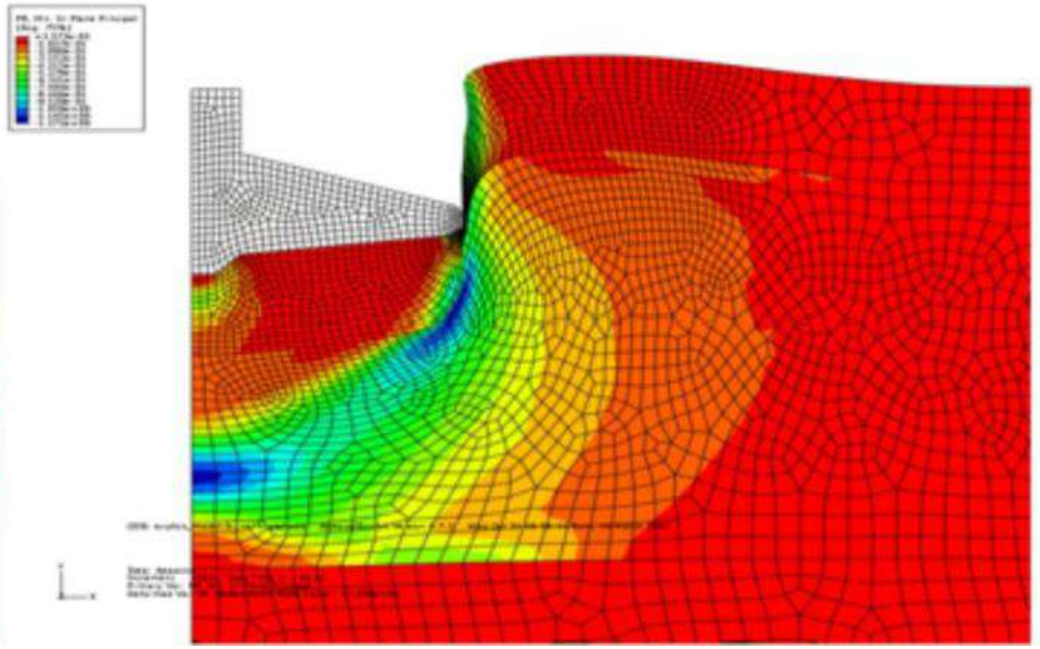




INSTALAÇÃO

- Análise da deformação da fundação da plataforma elevatória: estabilidade da plataforma de instalação





ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- TECNOLOGIA
- CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E GEOTÉCNICA
- EROSÃO
- INSTALAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Larga expansão internacional do mercado eólico marítimo

- Larga expansão internacional do mercado eólico marítimo
- **Concessão de áreas de exploração de eólico marítimo em Portugal**

- Larga expansão internacional do mercado eólico marítimo
- Concessão de áreas de exploração de eólico marítimo em Portugal
- **Importância da avaliação dos condicionamentos geológicos e geotécnicos na conceção e instalação de estruturas eólicas marítimas**

- Larga expansão internacional do mercado eólico marítimo
- Concessão de áreas de exploração de eólico marítimo em Portugal
- Importância da avaliação dos condicionamentos geológicos e geotécnicos na conceção e instalação de estruturas eólicas marítimas
- **Desafio para a engenharia geotécnica: viabilizar soluções de maior capacidade, seguras e económicas**

- Larga expansão internacional do mercado eólico marítimo
- Concessão de áreas de exploração de eólico marítimo em Portugal
- Importância da avaliação dos condicionamentos geológicos e geotécnicos na conceção e instalação de estruturas eólicas marítimas
- Desafio para a engenharia geotécnica: viabilizar soluções de maior capacidade, seguras e económicas
- **Sustentabilidade ambiental**

Construção de Parque Eólico Marítimo

OBRIGADO PELA ATENÇÃO!

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

FUNDAÇÕES INDIRETAS DA PASSAGEM CICLO-PEDONAL A CONSTRUIR SOBRE O RIO TRANCÃO, EM LISBOA

DEEP FOUNDATIONS OF THE PEDESTRIAN BRIGDE OVER THE TRANCÃO RIVER, IN LISBON

Neuza Carvalho, *ncarvalho@jetsj.com*

Ana Teresa Rodrigues, *ana.rodrigues@rodio.pt*

Alexandre Pinto, *apinto@jetsj.com*

Nuno Alexandre Silva, *nsilva@jetsj.com*

Carlos Caxias, *carlos.caxias@anp-systems.at*

Paulo Santos, *paulo.santos@rodio.pt*

ÍNDICE

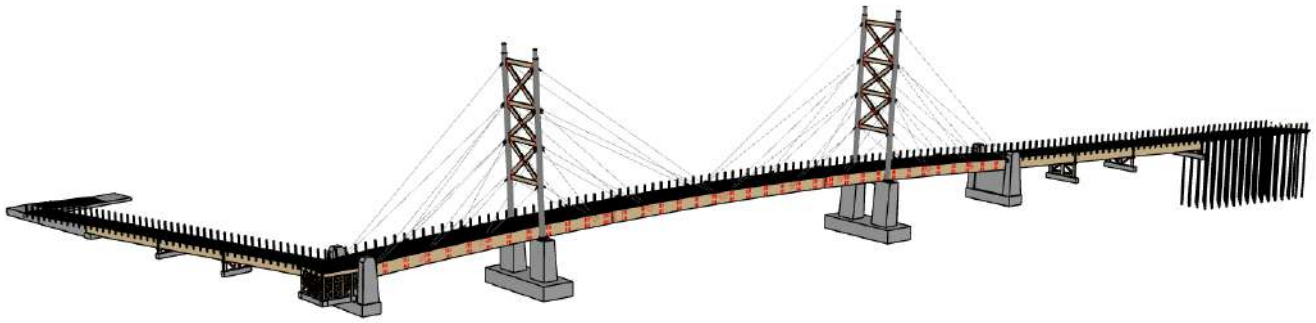
- INTRODUÇÃO
- CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO
- PROCESSO CONSTRUTIVO
- ENSAIOS DE CARGA E COLUNAS-TESTE
- ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO
- PROCESSO CONSTRUTIVO
- ENSAIOS DE CARGA E COLUNAS-TESTE
- ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

PASSAGEM CICLO – PEDONAL SOBRE O RIO TRANCÃO (LISBOA / LOURES)

- Passadiço: 70m de comprimento (lado do município de Lisboa)
- Tabuleiro principal: 121m de vão – estrutura em madeira lamelada colada e atirantada
- Passadiço: 82m de comprimento (lado do município de Loures)



ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO
- PROCESSO CONSTRUTIVO
- ENSAIOS DE CARGA E COLUNAS-TESTE
- ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

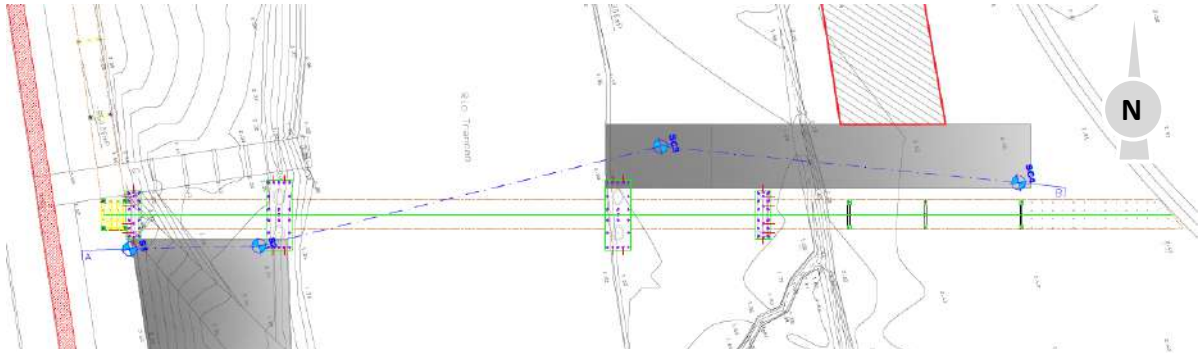
CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS

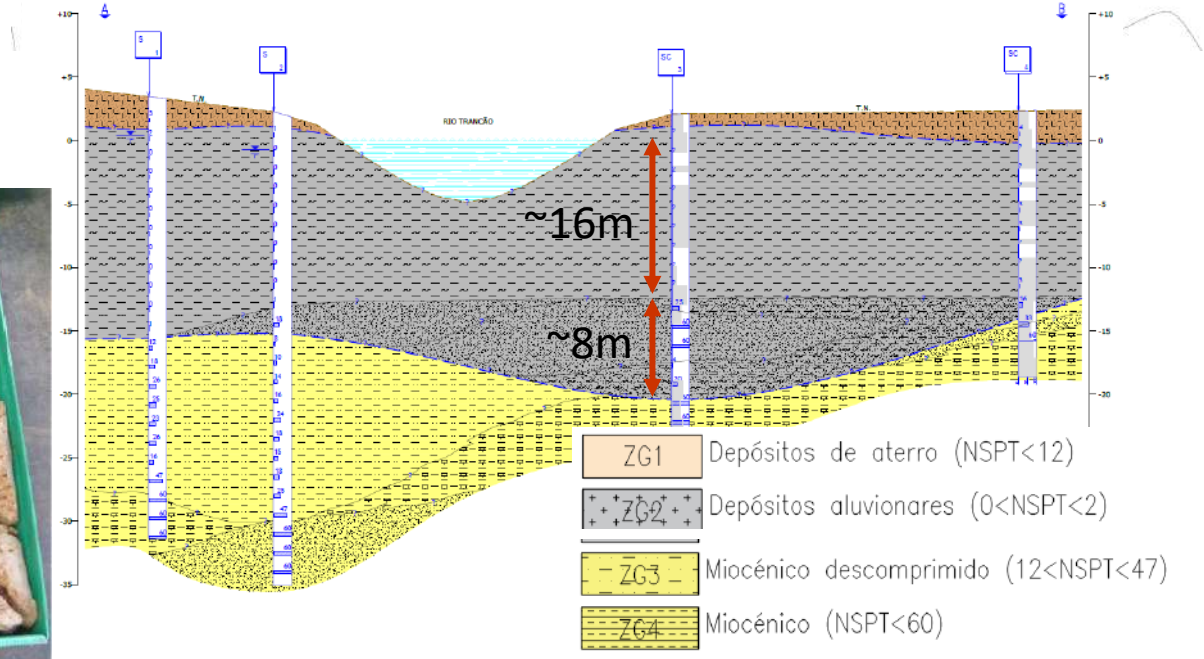
- Depósitos de aterro
- Aluviões (lodos silto-argilosos moles)
- Areolas de Cabo Ruivo
- Calcários de Marvila

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

- 4 sondagens mecânicas à rotação com ensaio SPT
- Ensaios laboratoriais

Zona	Estrato	NSPT
ZG1	Depósitos de aterro	<12
ZG2	Depósitos aluvionares – lodos silto- argilosos	0 < NSPT < 2
ZG3	Miocénico descomprimido – silte argiloso	12 < NSPT < 47
ZG4	Miocénico – areia fina a média, siltosa e argila silto-margosa	NSPT >60





CONDICIONAMENTOS AMBIENTAIS

- Terrenos contaminados

Quercus e Simtejo dizem que despoluição do Trancão está "no bom caminho"

A despoluição do rio Trancão, na Grande Lisboa, está "no bom caminho", segundo a empresa responsável pelo tratamento de águas e os ambientalistas da Quercus, que elogiam os esforços que têm sido feitos para melhorar a qualidade da água.

Lusa, texto publicado por Paula Mourato
20 Maio 2013 — 08:59

O Trancão, um dos principais afluentes do Tejo, era conhecido até há pouco mais de 15 anos pelas descargas poluentes que algumas empresas efetuavam para aquele rio, que nasce no concelho de Mafra e atravessa o concelho de Loures.

Relacionados

Oceanário. Oceanário procura os bebés do 1.º anúncio

Portugal. Parque das Nações constitui zona nobre mas também é alvo de críticas

Portugal. Ocupação da marina do Parque das Nações ronda 80% da capacidade

Em 1998, com a realização da Expo numa zona abrangida pelos municípios de Lisboa e Loures (agora fundida numa única freguesia da capital), iniciou-se um processo de despoluição do Trancão que, segundo os responsáveis, tem melhorado de "sobremaneira" a qualidade das águas do rio.

"O atual estado do Trancão é inequivocamente melhor do que há algum tempo. Basta percorrer o rio ou parar junto à sua foz para constatar esta melhoria", refere fonte da administração da Simtejo numa nota enviada à agência Lusa.

Vista aérea da zona ribeirinha oriental (meados do século XX)

Informação relevante para a área de intervenção da ORU Tejo Trancão.

Ofício da CCDRLVT sobre Solos contaminados – na margem norte do rio Tejo junto ao mar da Palha, Beirolas em data anterior à presente Discussão Pública.

Fora do âmbito da Discussão Pública desta ORU mas relacionado com a realização das Jornadas da Juventude na área de intervenção, foi rececionado pela CML, ofício alertando para a forte probabilidade da existência de solos contaminados naquele território. Pelo que, vem a Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional de Lisboa e Vale do Tejo, solicitar a melhor atenção para, quando das operações de intervenção nos espaços referidos, não seja descurada a competente avaliação dos níveis de contaminação dos solos. Assim, no caso de se verificarem indícios de contaminantes, alerta para a necessidade de serem desencadeados todos os procedimentos conducentes ao licenciamento por essa entidade dos projetos de descontaminação dos solos e encaminhamento para o destino final dos solos contaminados.

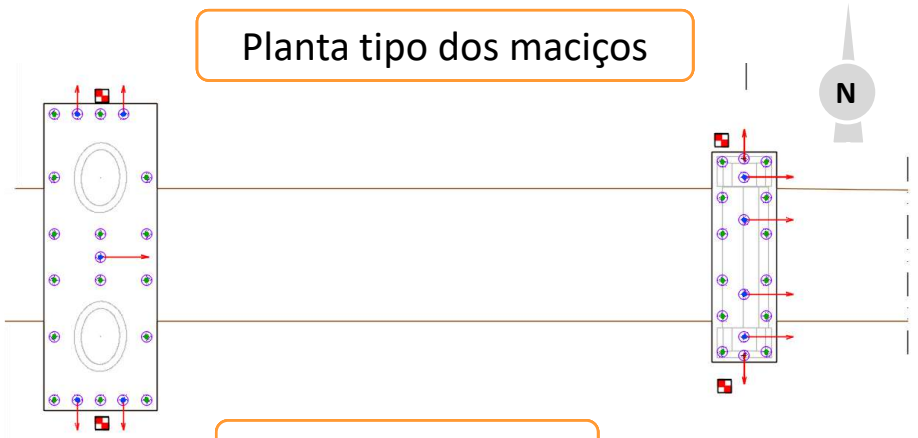
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO**
- PROCESSO CONSTRUTIVO
- ENSAIOS DE CARGA E COLUNAS-TESTE
- ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

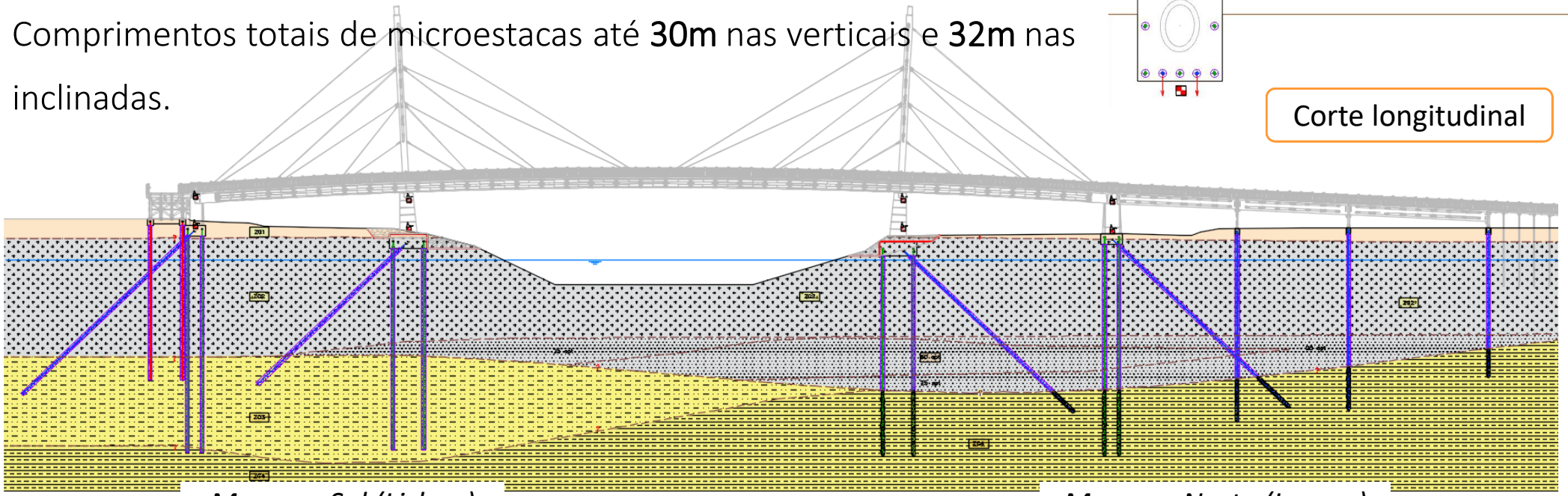
FUNDAÇÃO INDIRETA

- Microestacas **autoperfurantes** tipo ANP ØH1600-76, H0950-51 e H0550-38
- **Mini colunas de jetgrouting Ø500mm;**
- Transmissão das cargas da superestrutura a estratos competentes;
- Comprimentos totais de microestacas até **30m** nas verticais e **32m** nas inclinadas.

Planta tipo dos maciços



Corte longitudinal



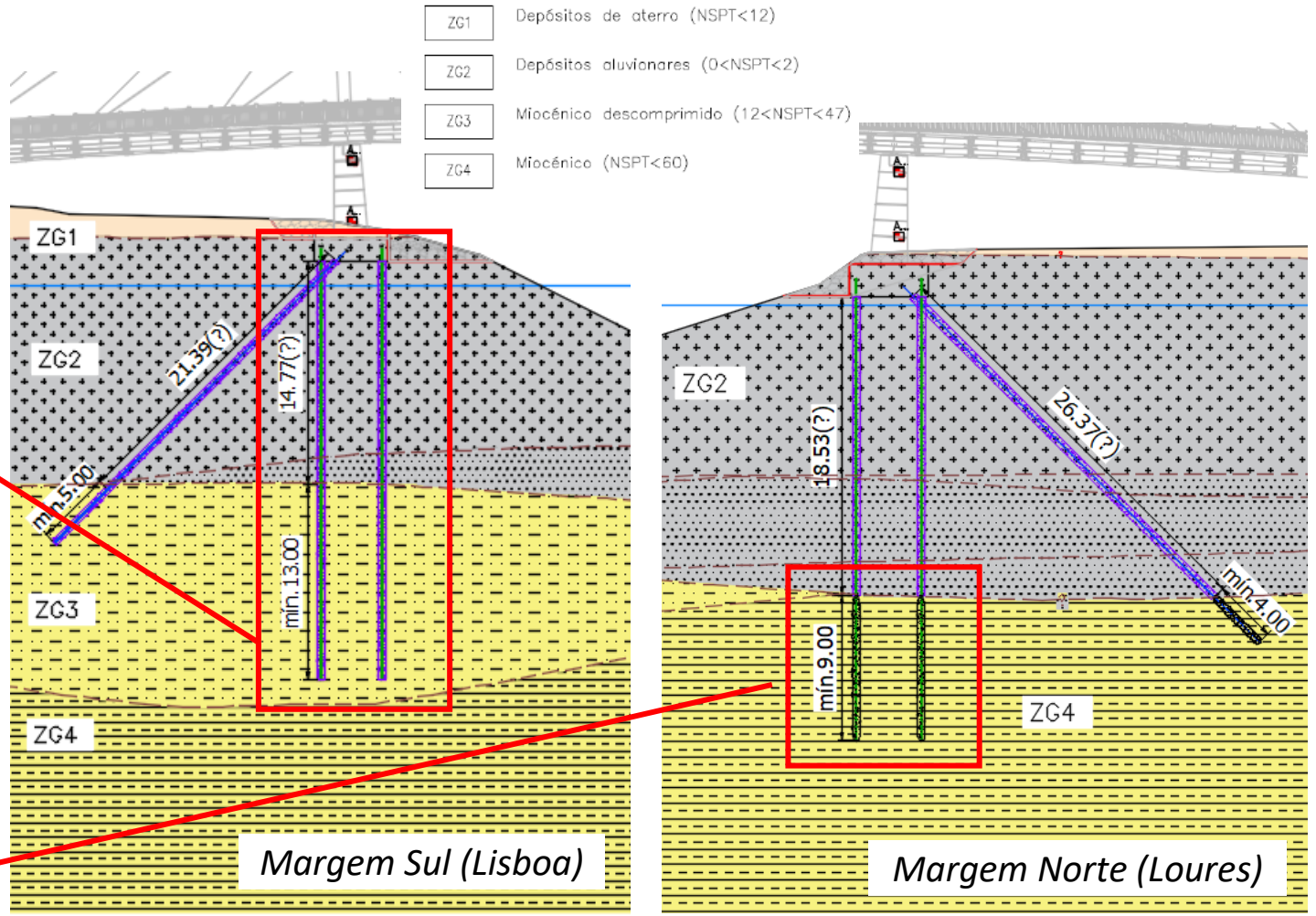
Margem Sul (Lisboa) *Margem Norte (Loures)*

MARGEM SUL (LISBOA)

- Microestacas **autoperfurantes** seladas em todo o comprimento em mini colunas de **jetgrouting Ø500mm** (aluviões e estrato miocénico mais descomprimido)

MARGEM NORTE (LOURES)

- Microestacas **autoperfurantes** seladas em mini colunas de **jetgrouting Ø500mm nas aluviões e de forma tradicional** no estrato miocénico mais competente

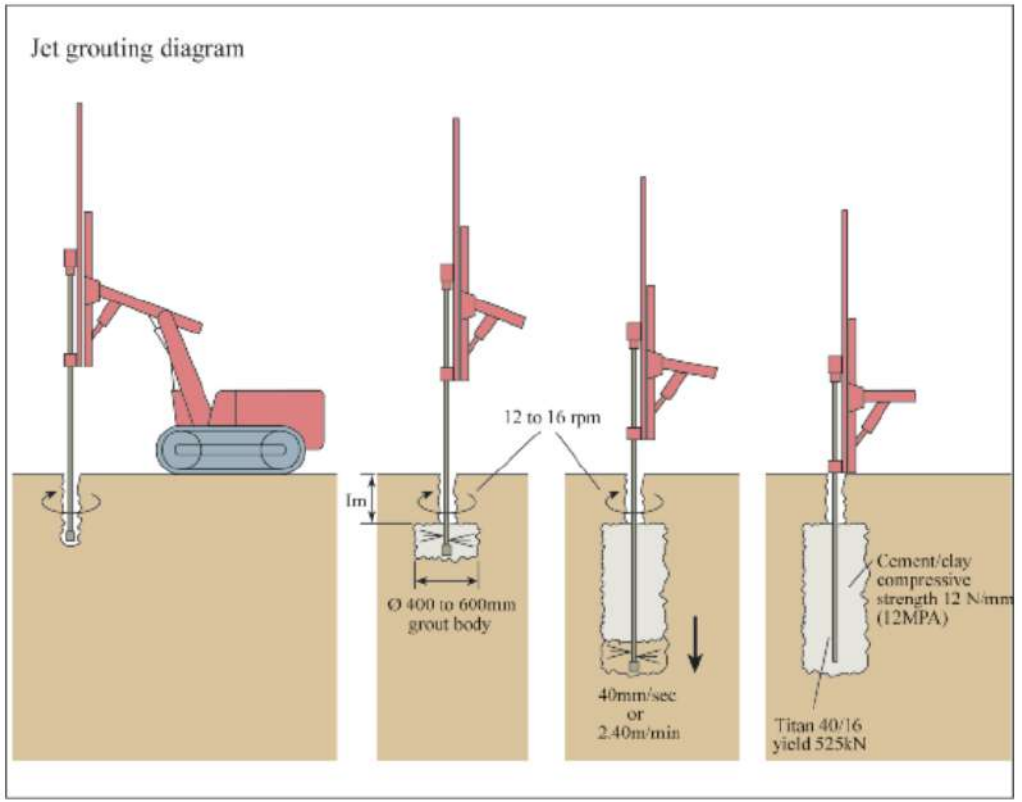


ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO
- **PROCESSO CONSTRUTIVO**
- ENSAIOS DE CARGA E COLUNAS-TESTE
- ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

PROCESSO CONSTRUTIVO

- Microestaca com varão oco com ponteira/trialeta de corte de jet-grouting;
- Furação com mínima extração de terreno;
- Coluna de jet-grouting formada de cima para baixo;
- Recurso a cimento pozolânico

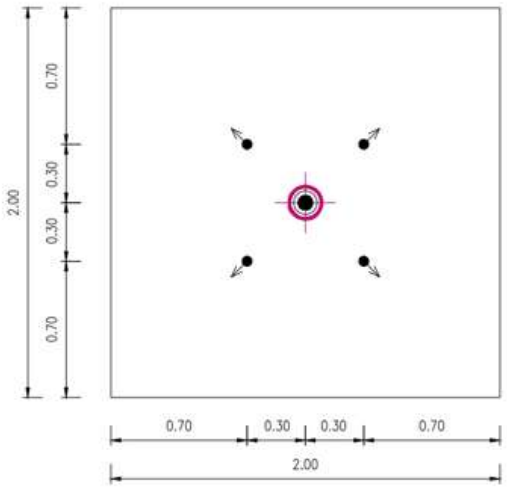


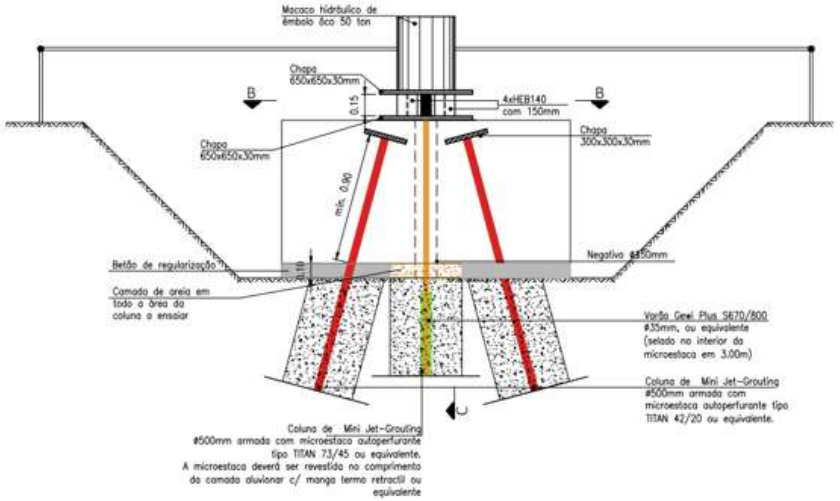
ÍNDICE

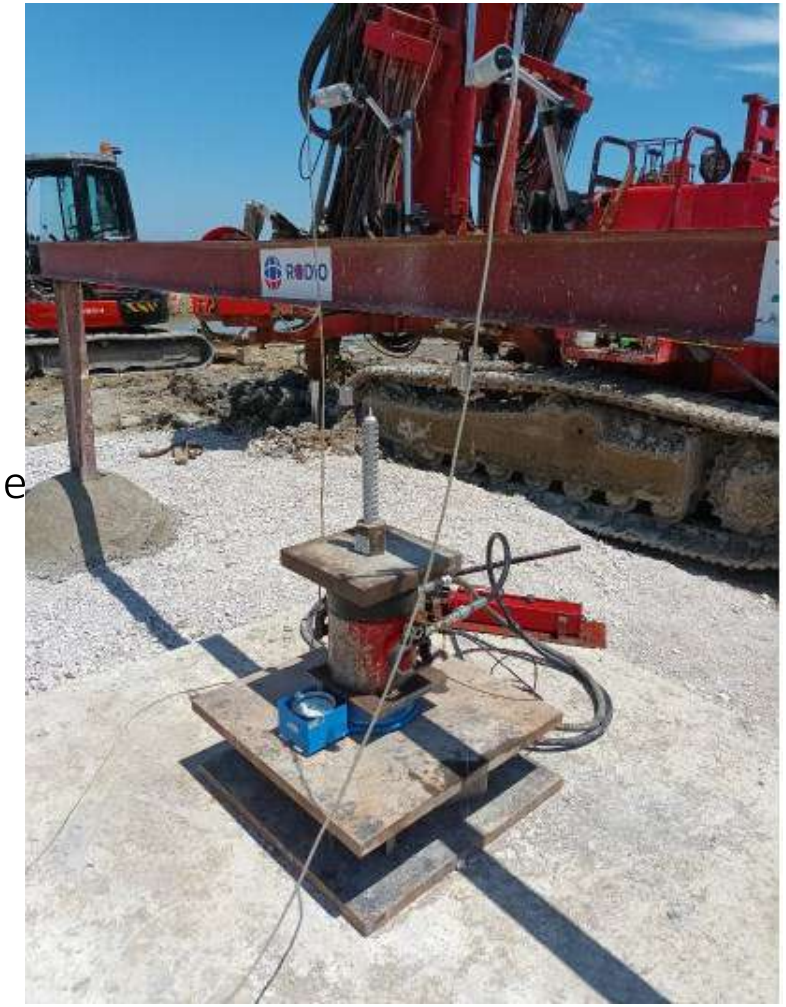
- INTRODUÇÃO
- CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO
- PROCESSO CONSTRUTIVO
- **ENSAIOS DE CARGA E COLUNAS-TESTE**
- ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ENSAIOS DE CARGA DE TRAÇÃO DAS MICROESTACAS

- Carga máxima: **500 kN**
- Maciço de reação com 4 microestacas sub-horizontais e 1 vertical (L=30m, seladas no miocénico) com varão GEWI, selados no interior de mini colunas de jet-grouting
- Ensaios em cada margem, junto ao pilar principal, para maior representatividade

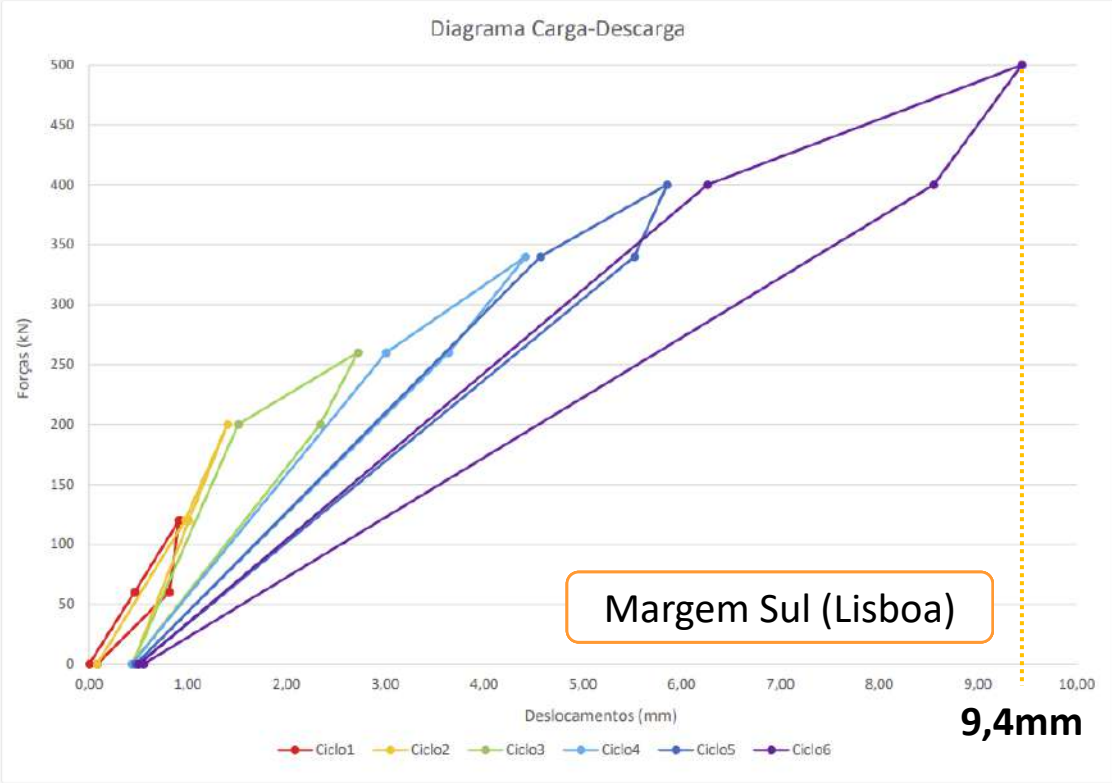


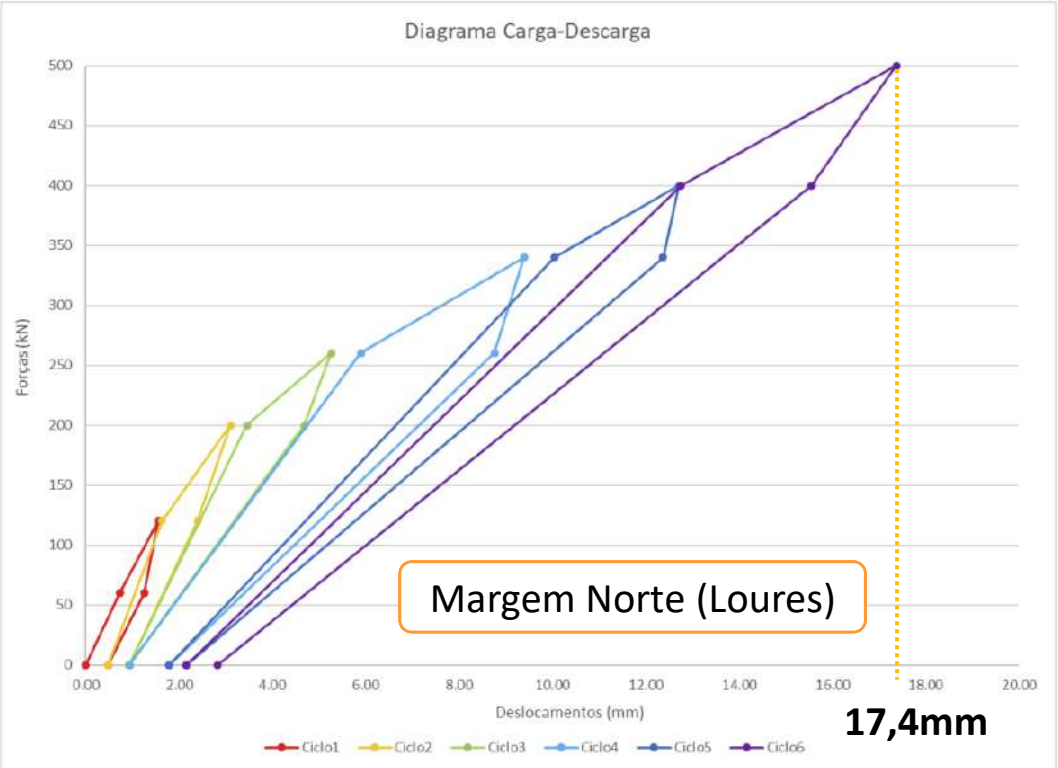




ENSAIOS DE CARGA DE TRAÇÃO DAS MICROESTACAS

- Margem Sul : deslocamento máximo de **9,4mm** e um coeficiente de fluência máximo de 0,62mm
- Margem Norte: deslocamento máximo da microestaca de **17,4mm** e um coeficiente de fluência máximo de 0,82mm





COLUNAS DE TESTE (JET-GROUTING)

- Confirmação das premissas de projeto (diâmetro, aspeto das colunas, recolha de amostras para ensaios resistência);
- Resistência à compressão simples, aos 28 dias, valor de rotura: **3,0kg/cm²** (3,0MPa – fator de segurança mínimo à rotura de 1,5);
- Ecolunas-solo, aos 28 dias: **1GPa** (valor médio).
- Ajuste dos parâmetros de execução das colunas

	Coluna 8	Coluna 9-1A	Coluna 9-1B	Coluna 10
Nº Tubeiras (3,5mm)	2	2	2	2
Altura escalão (cm)	5	5	5	5
Tempo por escalão (seg.)	3	2	2	2,5
A/C	1	1	1	1
Consumo teórico (kg/m)	124	83	83	103
Consumo verificado (kg/m)	190	125	125	160
Resistência à Compressão aos 7 dias (MPa)	1.8MPa	1.4MPa	1.2MPa	2.0MPa
Módulo de Elasticidade aos 9 dias (GPa)	1.9GPa	1.1GPa	1.1GPa	1.6GPa
Secção da Coluna	500mm	500mm	500mm	600mm
Resistência à Compressão aos 28 dias (MPa)	3.2MPa			2.6MPa
Módulo de Elasticidade aos 28 dias (GPa)	2.1GPa			2.8GPa

ACOMPANHAMENTO DA OBRA

- Contínuo ajuste dos comprimentos das microestacas, em função das variações do dispositivo geológico e geotécnico
- Ajuste dos parâmetros de execução das colunas de mini jet-grouting
- Ajuste das características dos bits de perfuração das microestacas autoperfurantes, para suportar as pressões do jet-grouting e permitir a utilização do martelo de superfície

ACOMPANHAMENTO DA OBRA

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Condicionamentos geológicos e geotécnicos muito desfavoráveis
- Validação prévia dos pressupostos de projeto através dos ensaios de carga
- Flexibilidade das soluções propostas, executadas com recurso a equipamentos de versáteis, a partir de terra
- Importância do controlo de qualidade e do controlo de execução, em particular ensaios e registo de parâmetros de execução

FUNDAÇÕES INDIRETAS DA PASSAGEM CICLO-PEDONAL A CONSTRUIR SOBRE O RIO TRANCÃO, EM LISBOA

DEEP FOUNDATIONS OF THE PEDESTRIAN BRIGDE OVER THE TRANCÃO RIVER, IN LISBON

AGRADECIMENTOS

emel

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023
UNIVERSIDADE DE ÉVORA
ESCOLA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
Sociedade Portuguesa de Geotecnia

EDIFICIO CAMILLO 25, LISBOA
SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO DE FACHADA

Carlos Martins, cmartins@jetsj.com

Alexandre Pinto, apinto@jetsj.com

JET SJ

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

EDIFÍCIO HABITAÇÃO

3 pisos enterrados

5 pisos elevados

Altura máxima escavação: 11 m

Zona Histórica da Cidade

OBJETIVOS DA INTERVENÇÃO

- Escavação para execução de 3 pisos enterrados
- Recalçamento e Contenção de Fachada Existente

- Preservação das estruturas e infraestruturas vizinhas
- Compatibilização com Arquitetura e Estabilidade
- Controlo de custos e de prazos de execução

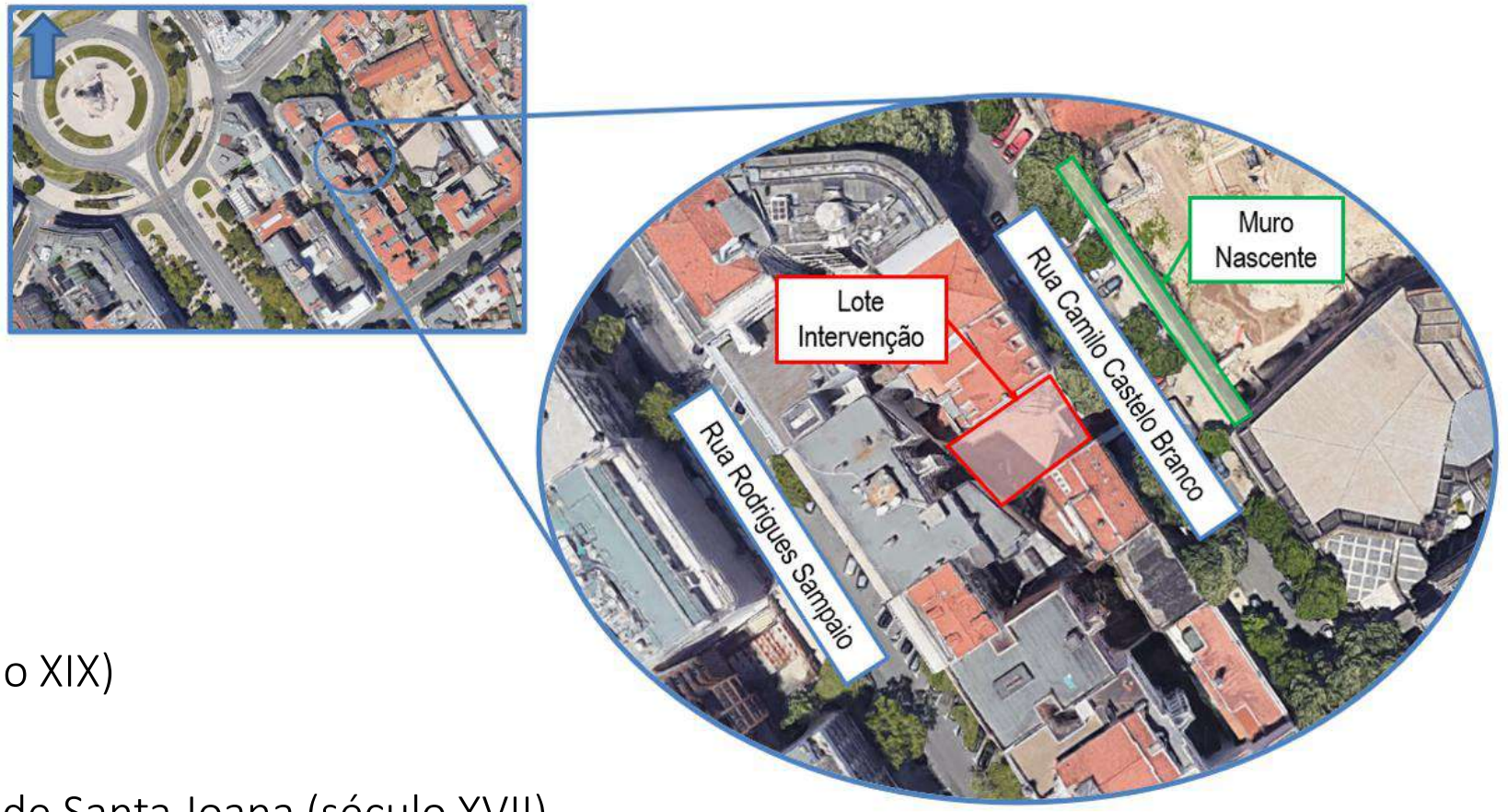
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Escavação em Meio Urbano

Multiplicidade de Condicionantes

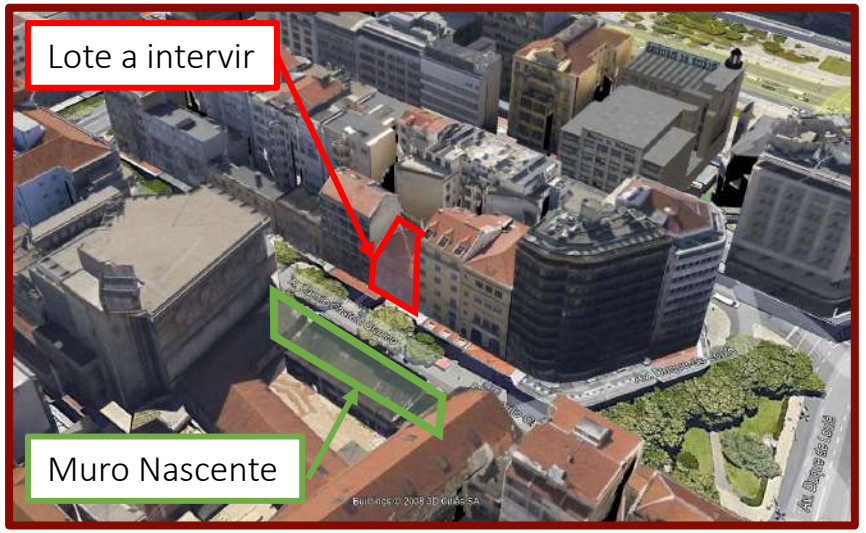
- Arquitetónicos
- Infraestruturas no subsolo
- Vias e Infraestruturas Circundantes
- Fachada existente a preservar (século XIX)
- Muro Nascente do antigo Convento de Santa Joana (século XVII)



CONDICIONAMENTOS PATRIMONIAIS

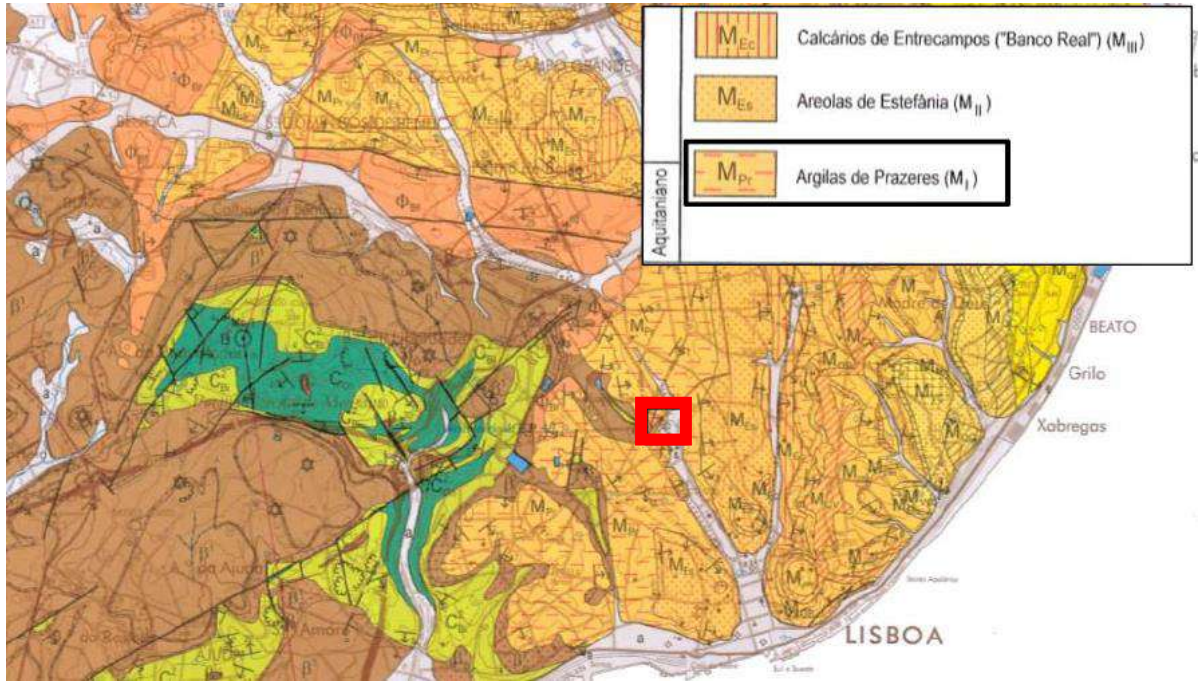
- Preservação fachada existente (século XIX):
  - Solução de Contenção e Recalçamento de Fachada

- Muro Nascente do antigo Convento de Santa Joana (século XVII)
  - Altura ≈ 15m
  - Materializava a diferença de cotas entre o lote e a Rua Camilo Castelo Branco

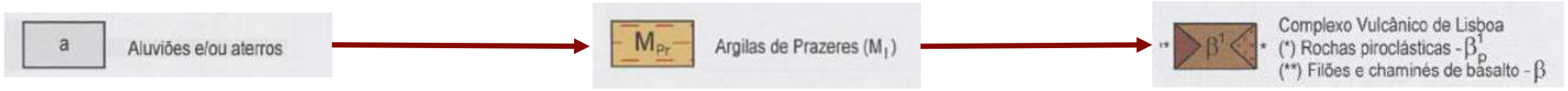


ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – CARTA GEOLÓGICA DE PORTUGAL À ESCALA 1:50.000:

- Recobrimentos superiores:
  - Aterros de génese recente
- Camadas inferiores:
  - Materiais do Miocénico – Argila dos Prazeres
- Grandes profundidades:
  - Cretácico superior – Complexo Vulcânico de Lisboa

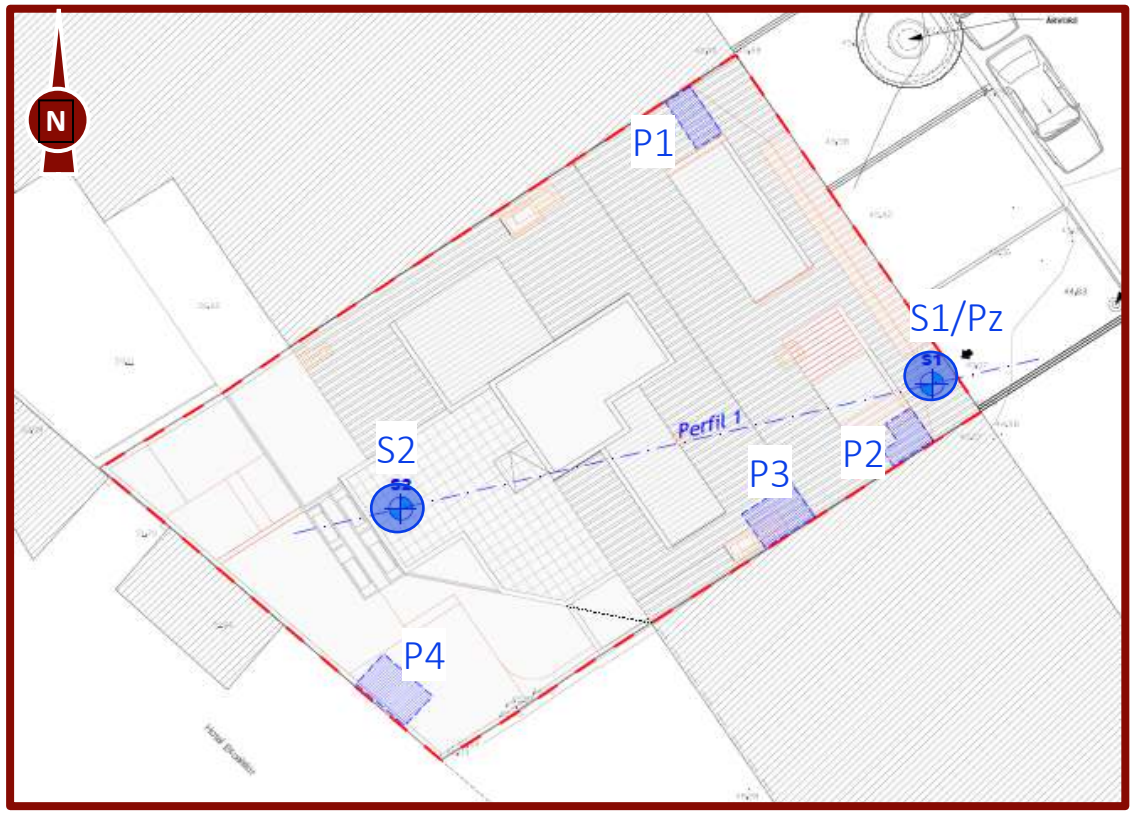


Fonte: Carta Geológica de Portugal à escala 1:50 000, Folha 34D - Lisboa



ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO:

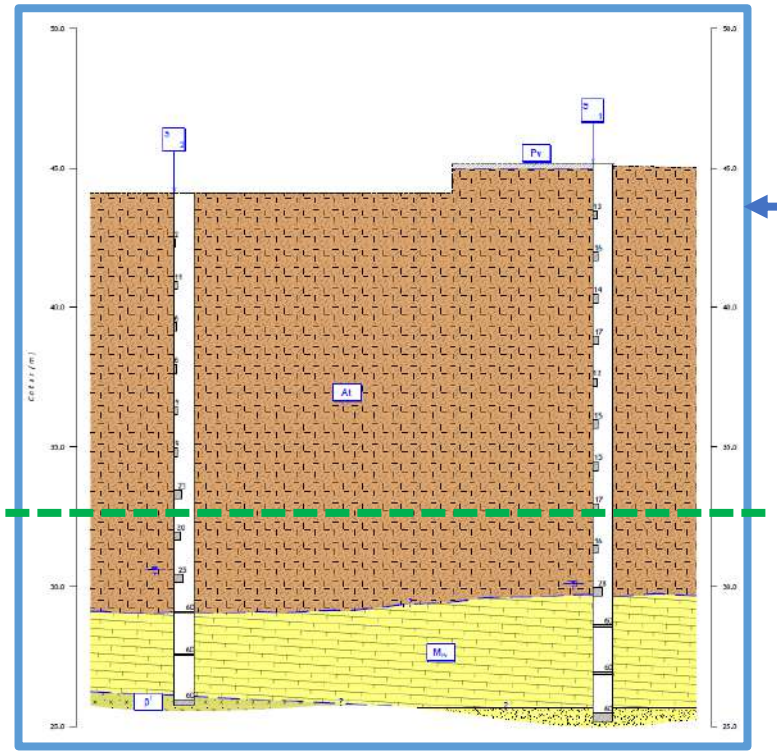
- 2 Sondagens Geotécnicas à rotação com amostragem contínua:
  - Ensaios SPT em profundidade
- 1 Piezómetro:
  - Nível freático a ≈ 15m (abaixo do f.e.)
- 4 Poços de prospeção:
  - Envolvente com fundações indiretas (arcos, pegões e estacas)



ESTUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO – PLANO PROSPEÇÃO COMPLEMENTAR:

- Zonamento Geológico-Geotécnico:

Cota de fundo de escavação

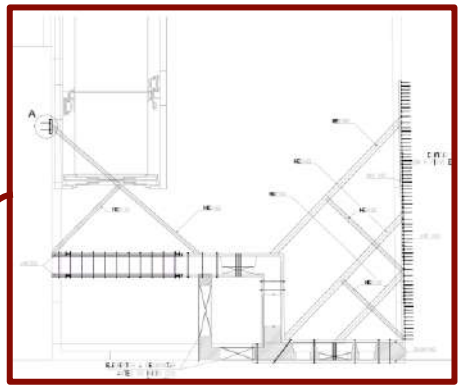


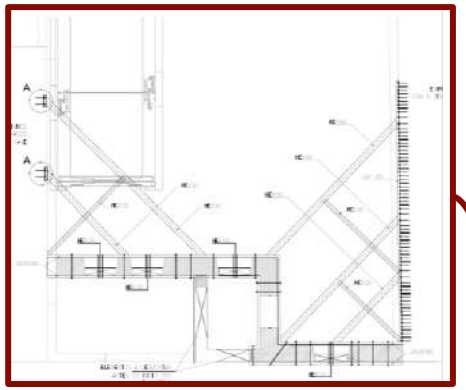
ÍNDICE

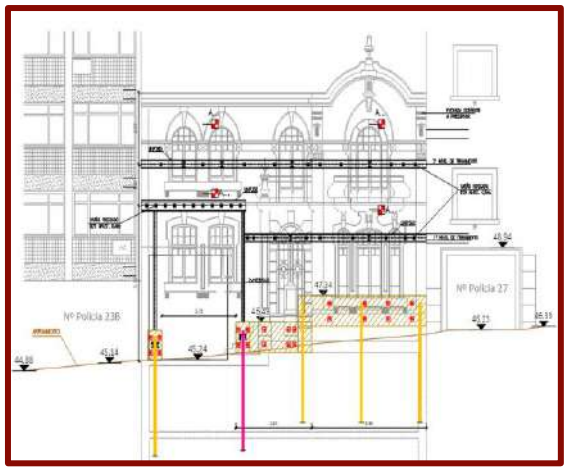
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

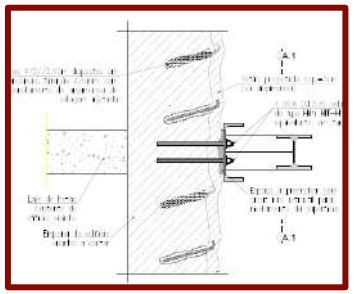
ESTRUTURA DE CONTENÇÃO DE FACHADA

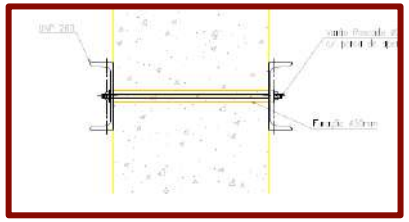
- Vigas de Distribuição: UPN260
- Escoramentos Horizontais: HEB160 e HEB120
  - Reação contra empenas vizinhas
  - Instalados ao nível das lajes
- Pórtico para abertura de entrada na garagem





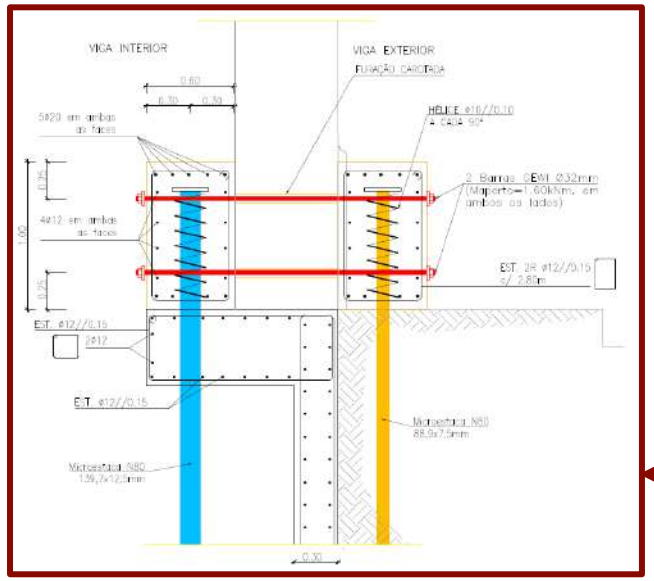


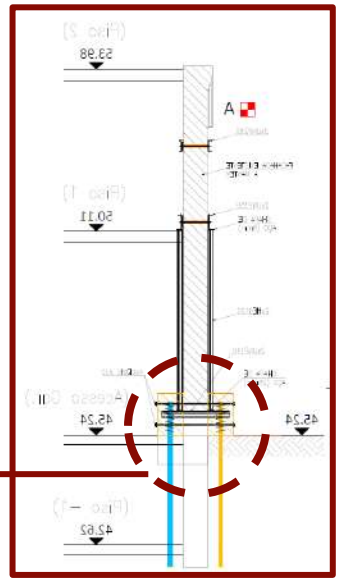


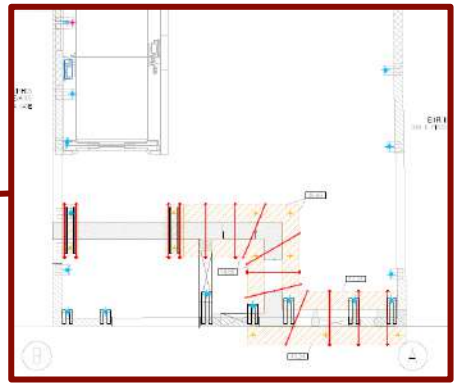


ESTRUTURA DE RECALÇAMENTO DE FACHADA

- Recinto de escavação envolve fachada a preservar
- Duas vigas de betão 60x100cm:
  - Continuamente apoiadas em microestacas
  - Ligadas entre si por barras pré-esforçadas

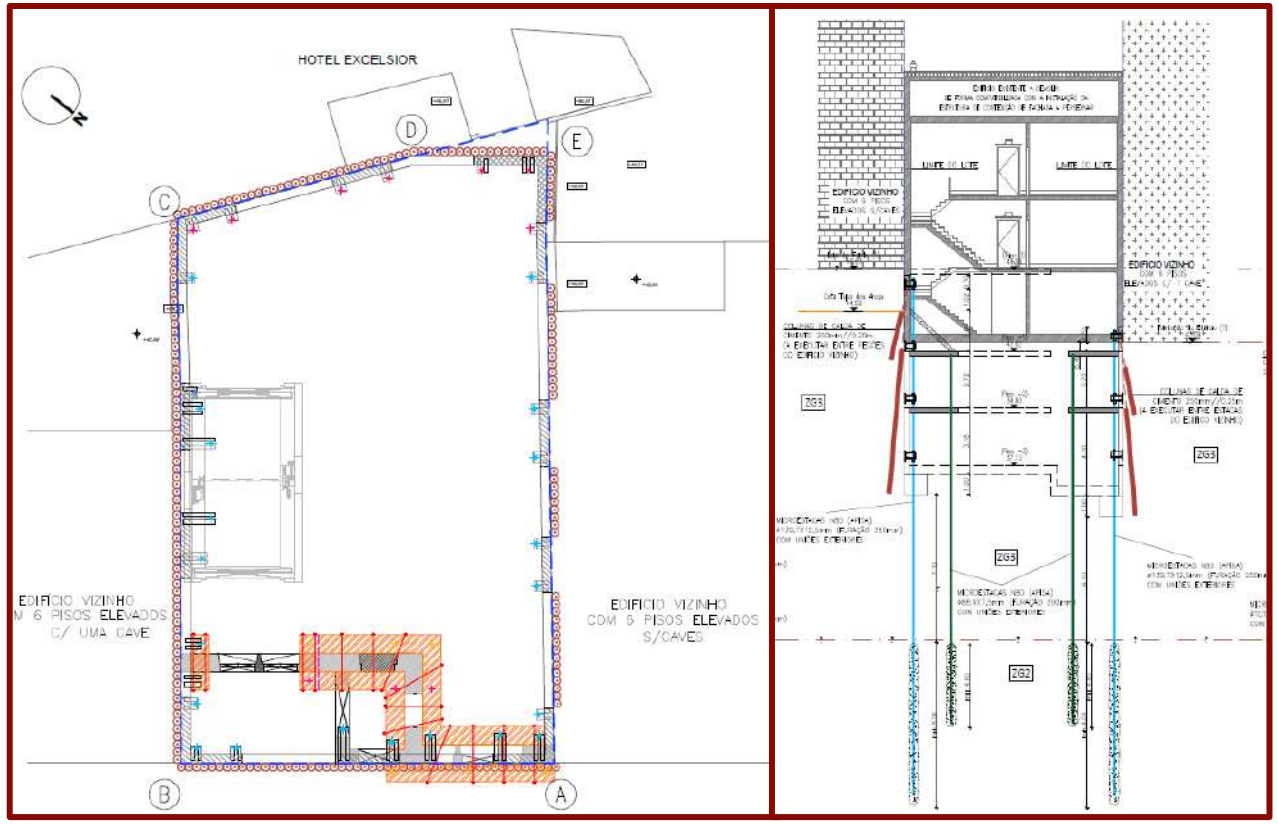






ESTRUTURA DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA

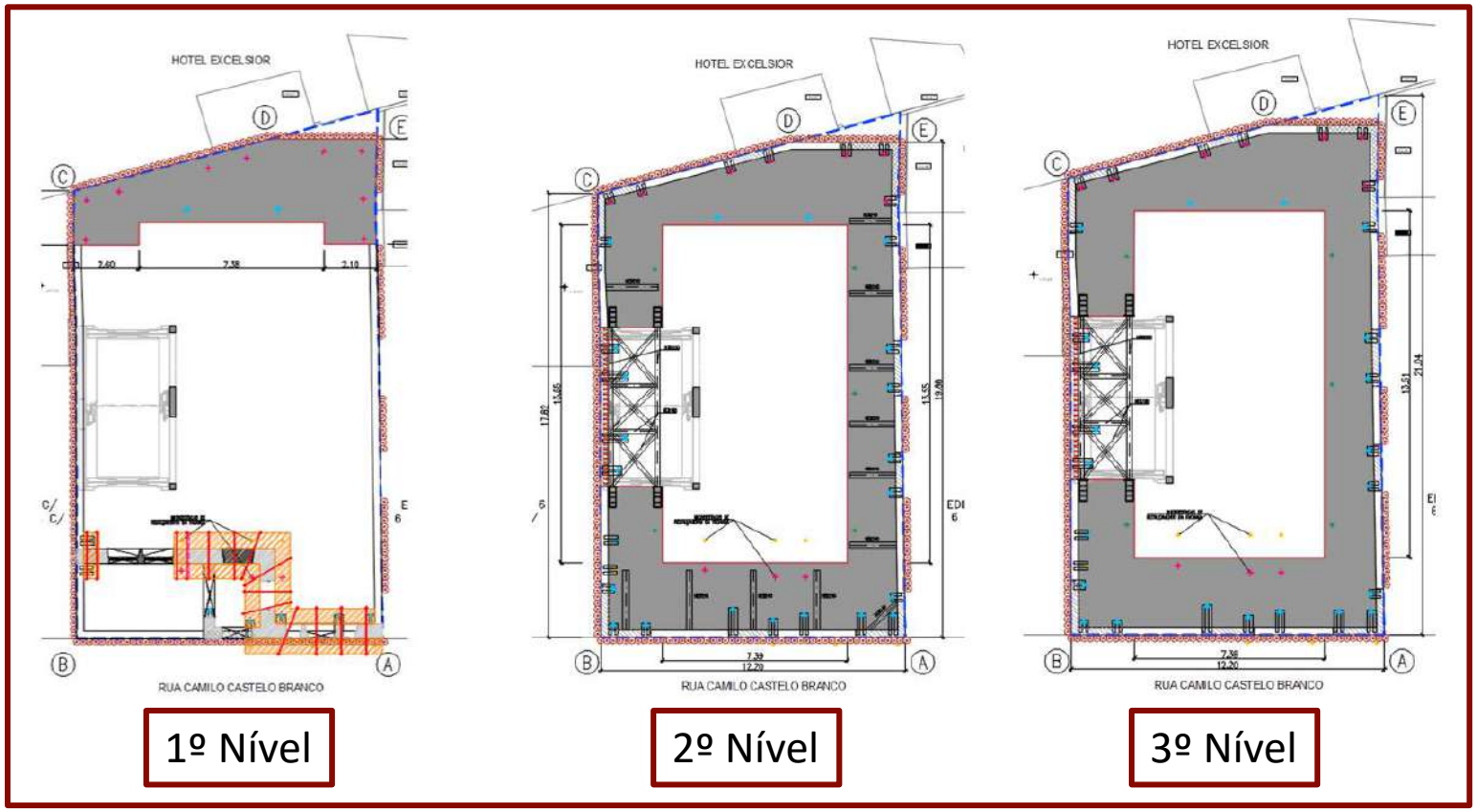
- Solução de Berlim Definitivo com 30cm:
  - Versatilidade de adaptação em fase de obra
  - Espessura reduzida
  - Equipamentos de reduzida dimensão
- Apoio vertical em microestacas Ø139,7x12,5mm



- Geologia desfavorável:
  - Tratamento do terreno tardoz:
    - Colunas de calda de cimento Ø250mm//0.25m

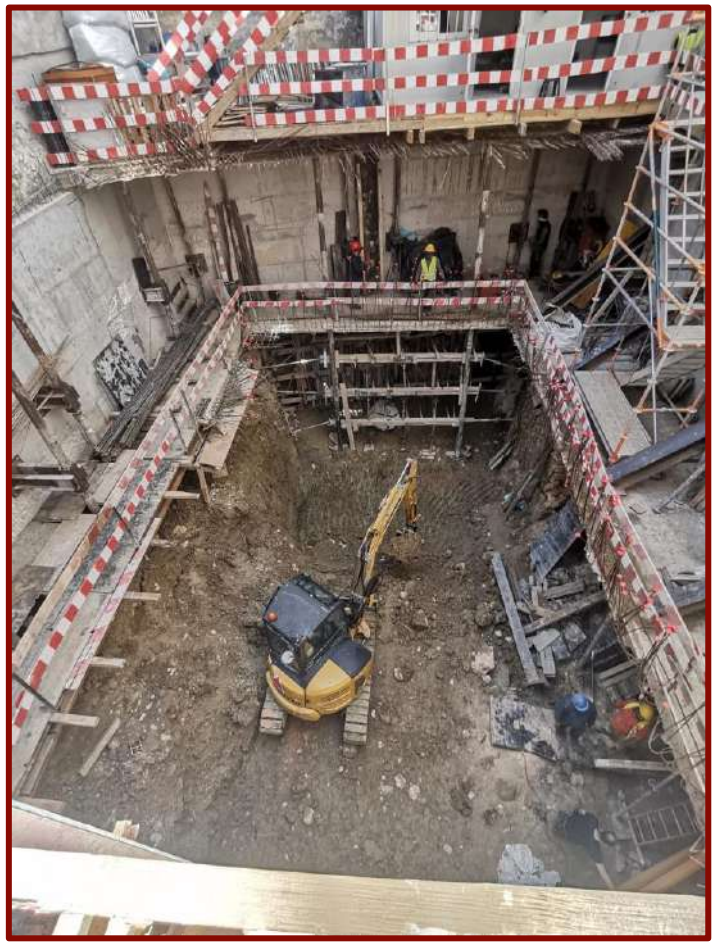
ESTRUTURA DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA

- Solução de travamento **top-down com Bandas de Laje (15m de vão)**:
  - Geologia desfavorável
  - Solução (mais) económica
- Apoio vertical assegurado por microestacas Ø101,6x10mm e Ø88,9x7,5mm
- **Treliça metálica** na zona de monta autos

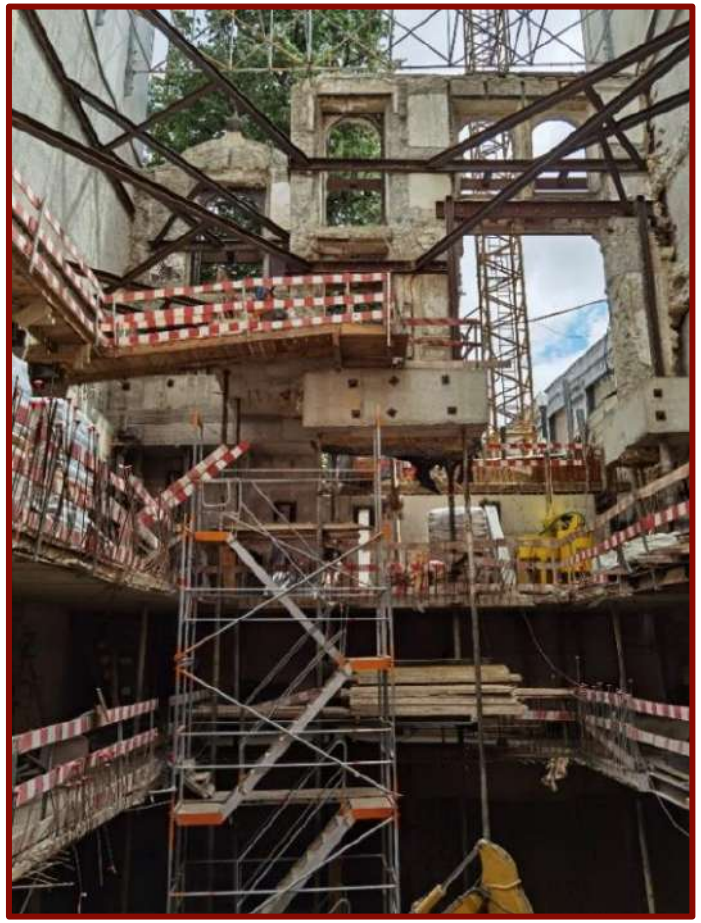


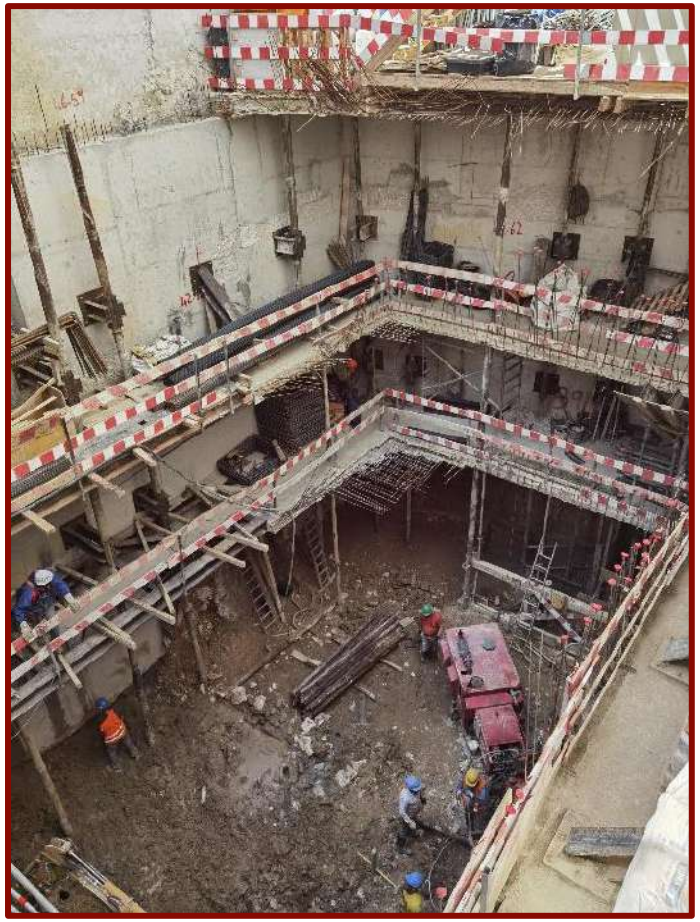
ESTRUTURA DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA



ESTRUTURA DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA





ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **ANÁLISE NUMÉRICA**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

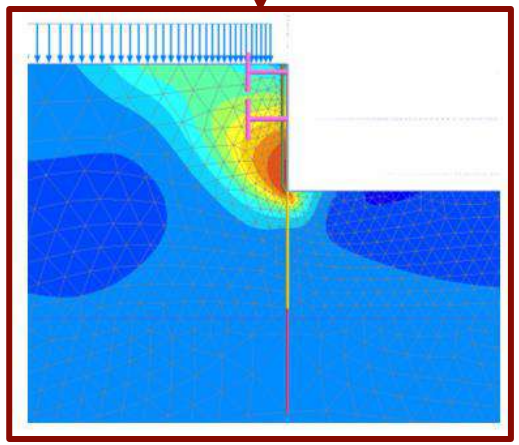
ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO PERIFÉRICA:

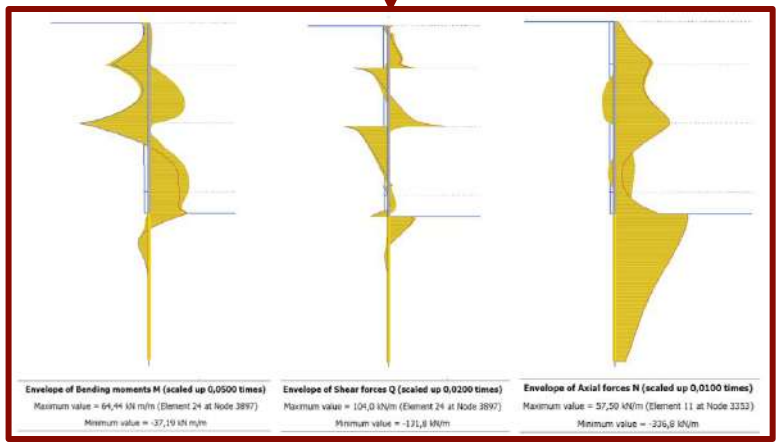
- Modelos De Elementos Finitos – PLAXIS 2D / SAP2000

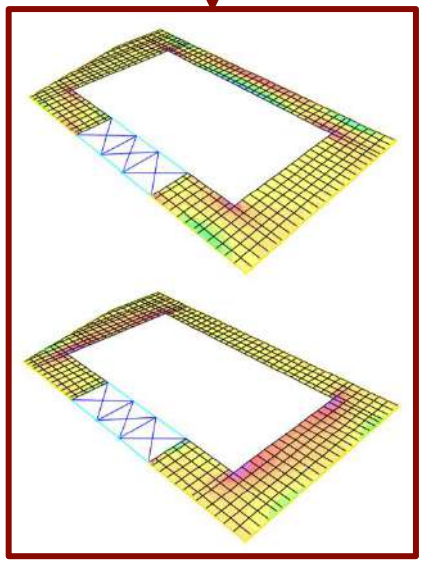
PLAXIS 2D → Deformações, Esforços

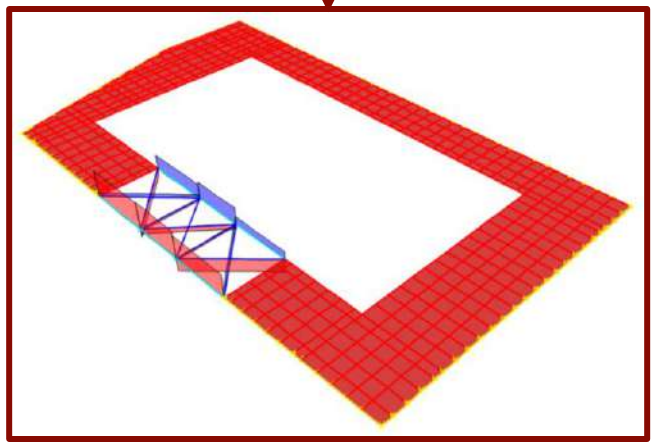
SAP2000 → Deformações, Esforços

Processo iterativo calibração de **rigidez de molas e *anchors***





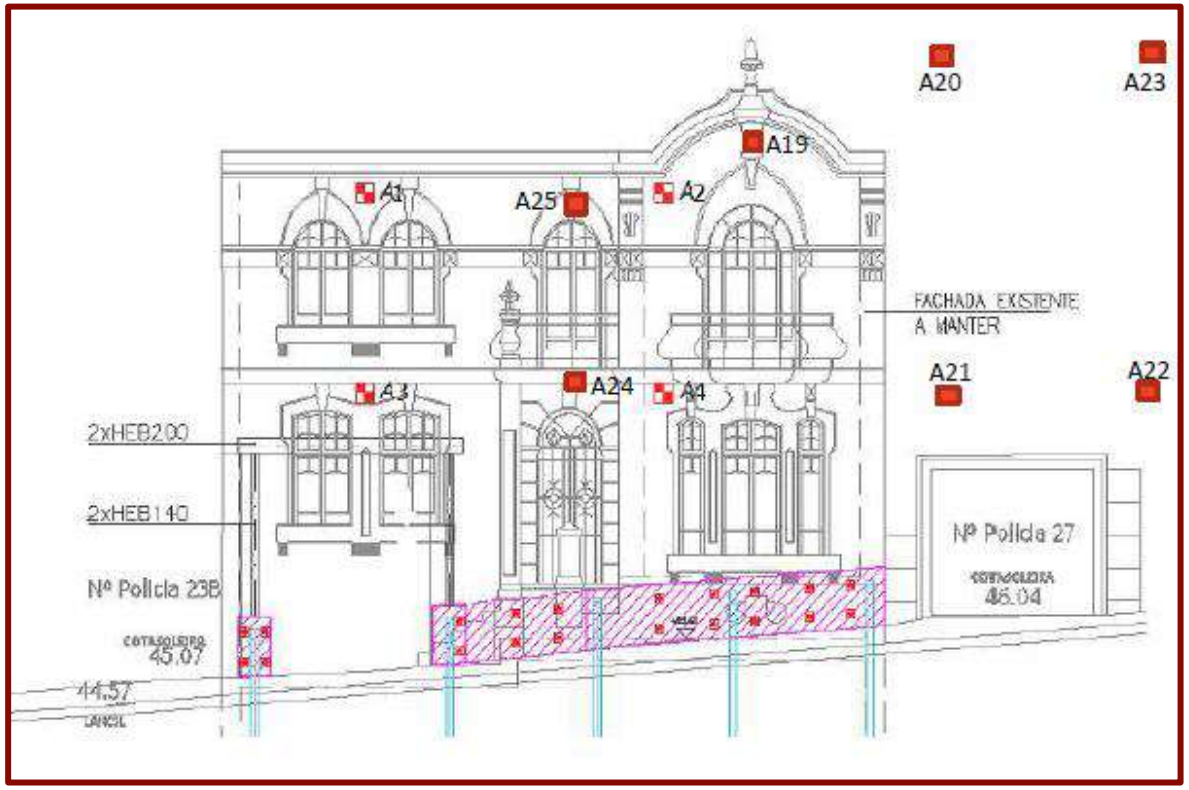


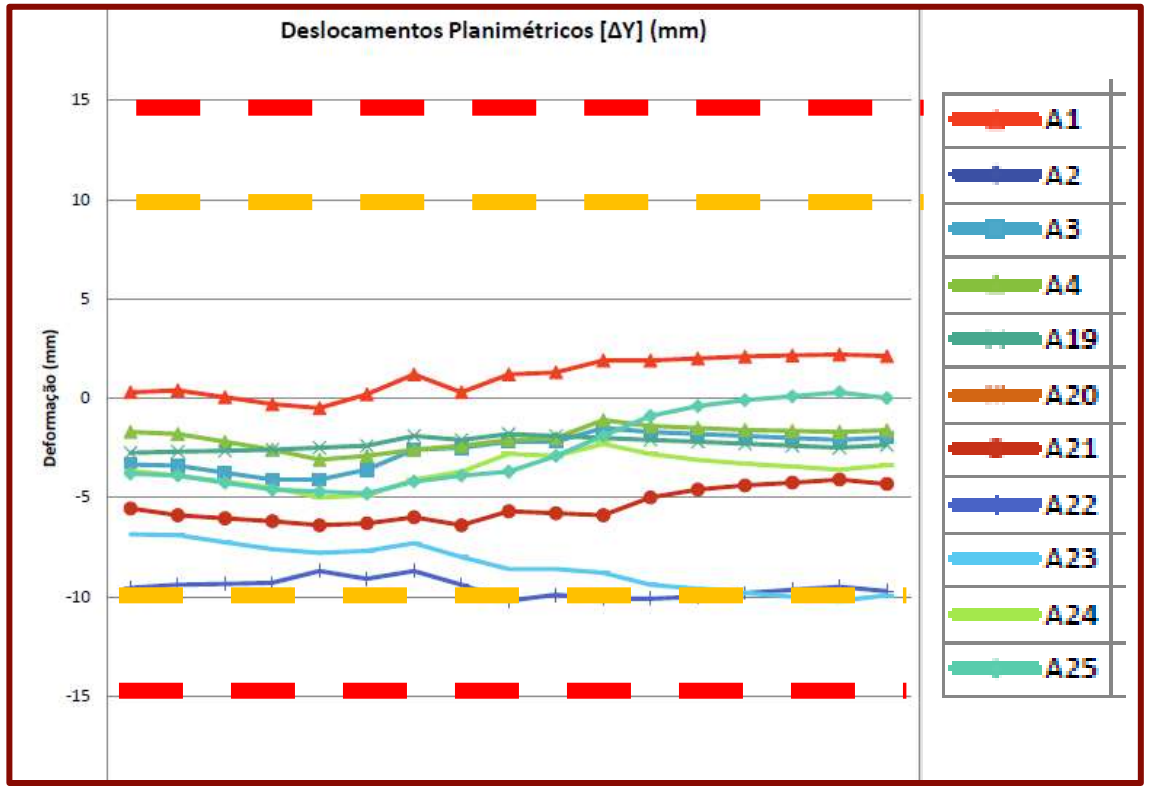


ÍNDICE

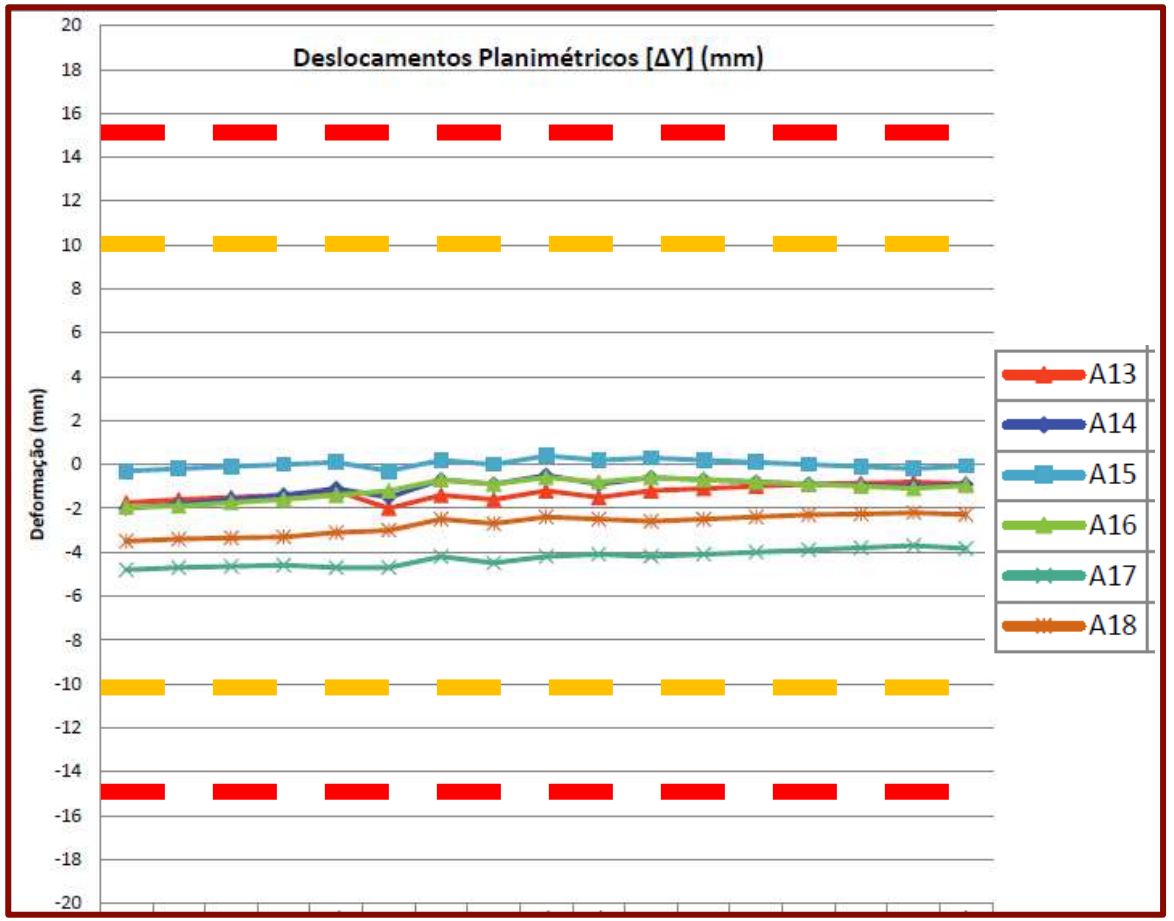
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

RESULTADOS E ANÁLISE DA INSTRUMENTAÇÃO





RESULTADOS E ANÁLISE DA INSTRUMENTAÇÃO



ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- 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 caracterize os terrenos em profundidade

Importância do **Papel da Geotecnia** nas escavações em meio urbano

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

Reflexão pós-obra: alternativas às decisões tomadas tendo por base a informação recolhida em obra

EDIFICIO CAMILLO 25, LISBOA
SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO, CONTENÇÃO PERIFÉRICA E RECALÇAMENTO DE FACHADA

JET SJ

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO!

AGRADECIMENTOS

Empreiteiro Geral

MAP ENGENHARIA

Empreiteiro Geotecnia

geosol

Fiscalização

RASA engenharia & construção

Promotores

INCORTEL Desenvolvimento Imobiliário

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

Soluções de Escavação e Contenção Periférica em Meio Urbano – Empreendimento DISTRIKT, Lisboa

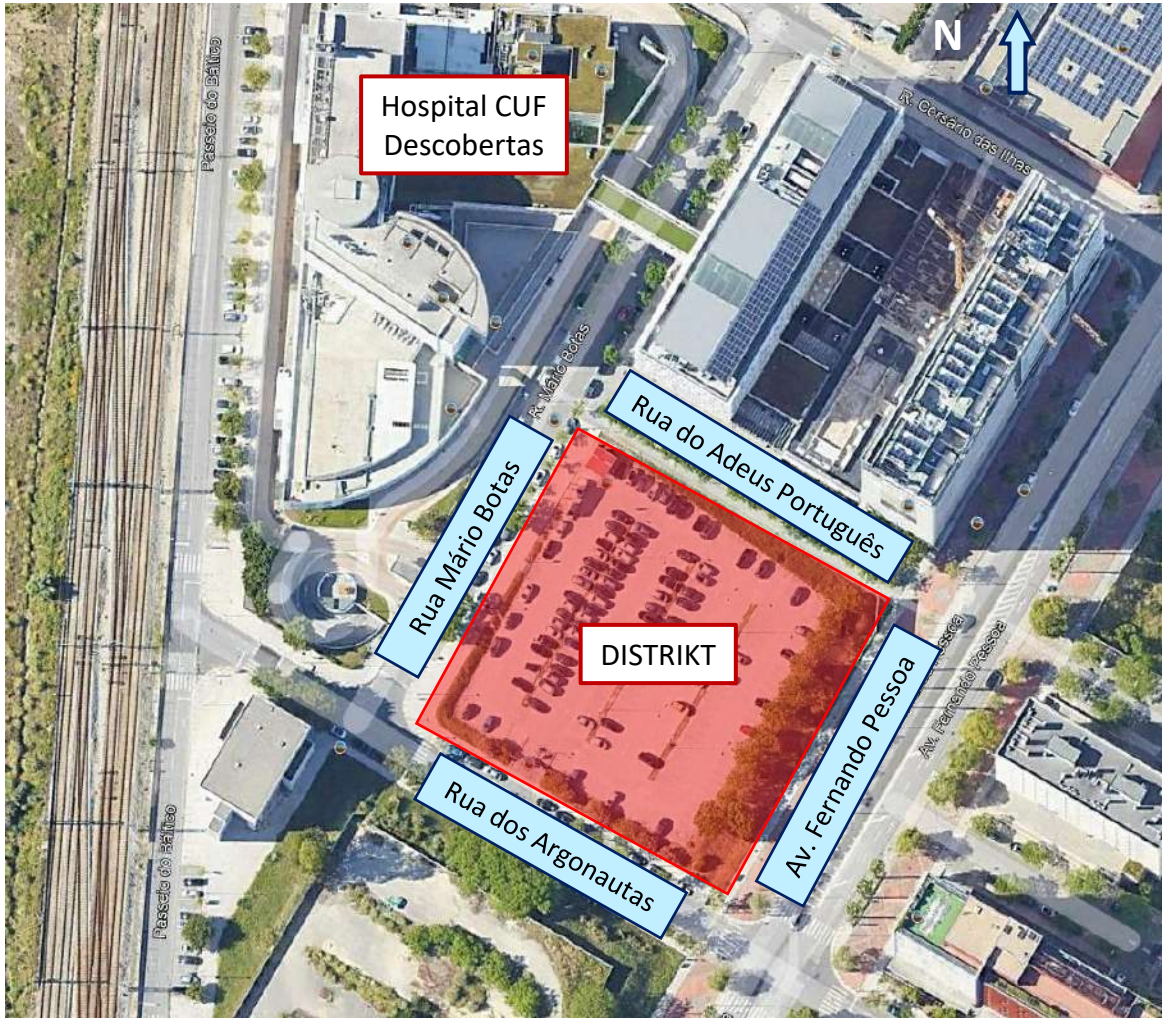
Joana Silva, *jsilva@jetsj.com*
Neuza Carvalho, *ncarvalho@jetsj.com*
Inês Braz, *ibraz@jetsj.com*
Alexandre Pinto, *apinto@jetsj.com*

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

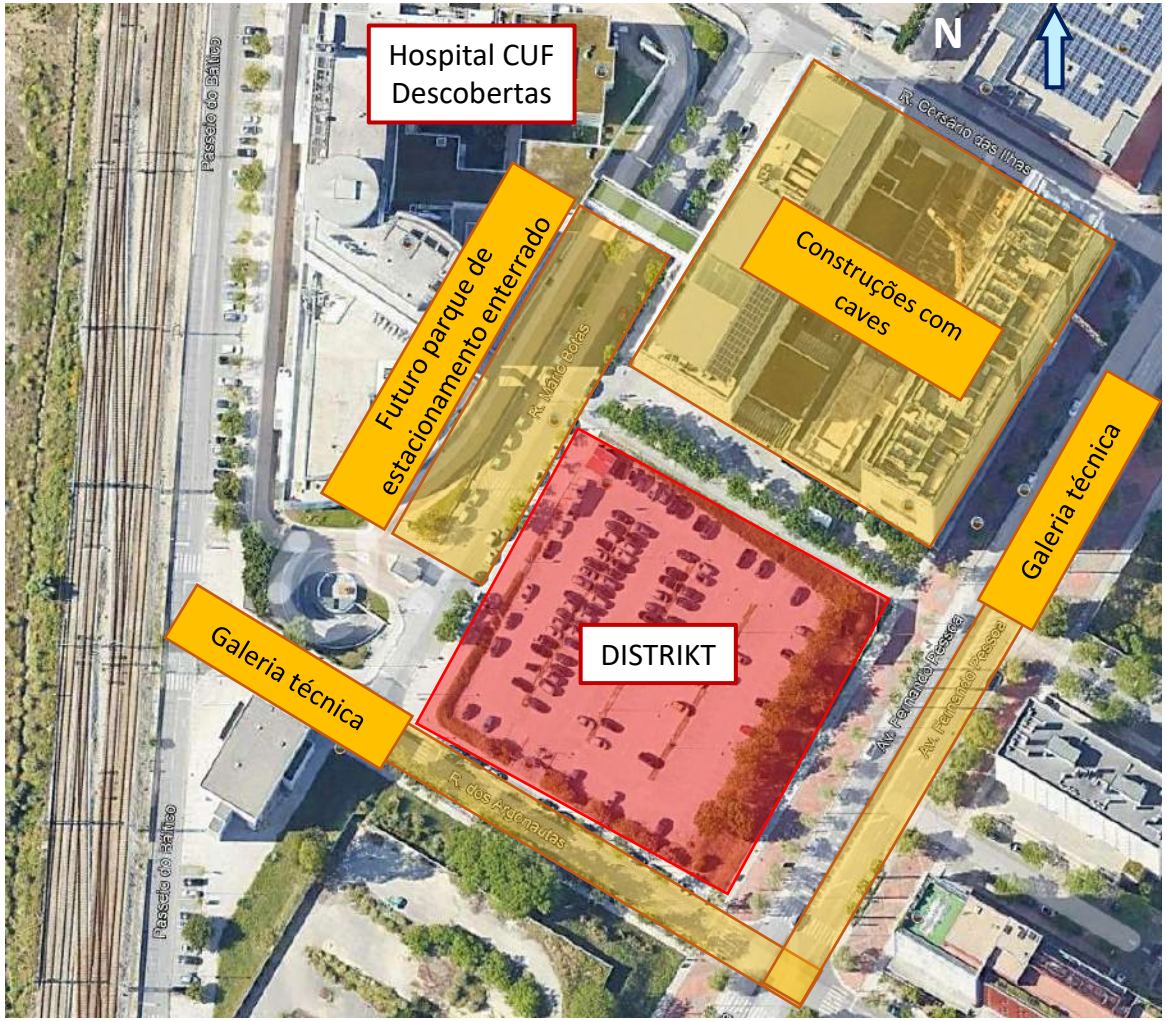


Empreendimento DISTRIK

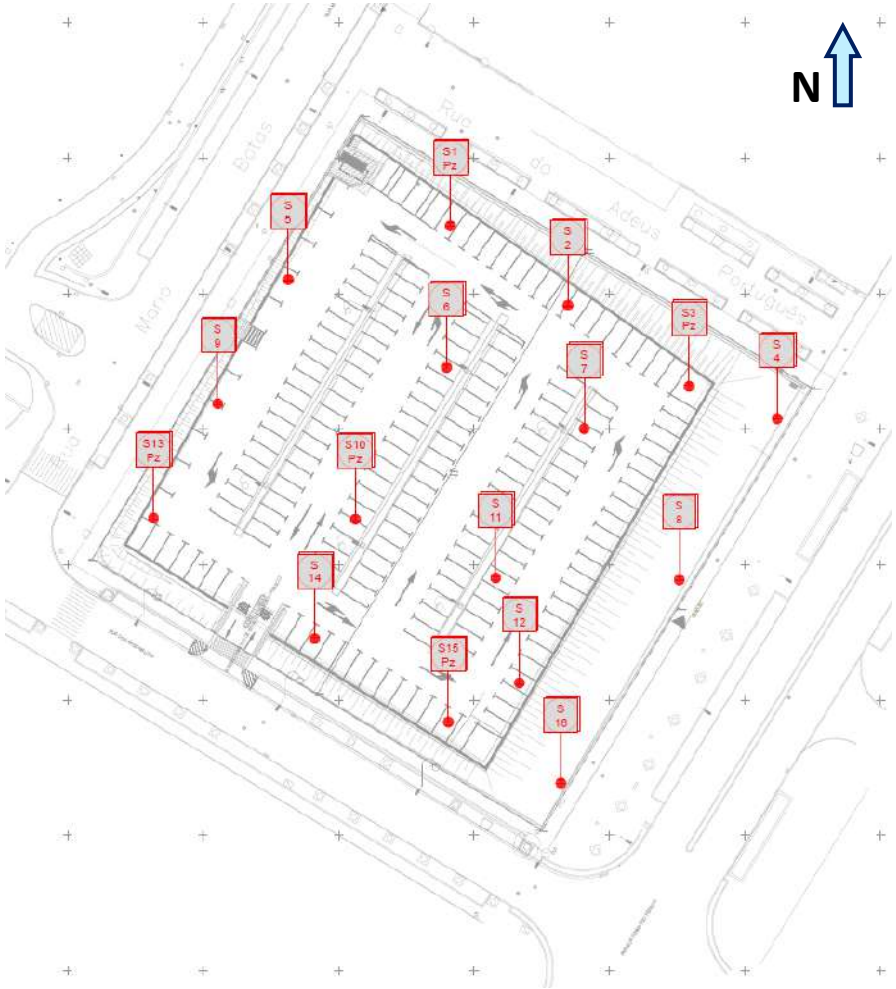
- Área de lote: 5945 m²
- 4 edifícios com 13 pisos elevados e 3 pisos enterrados

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

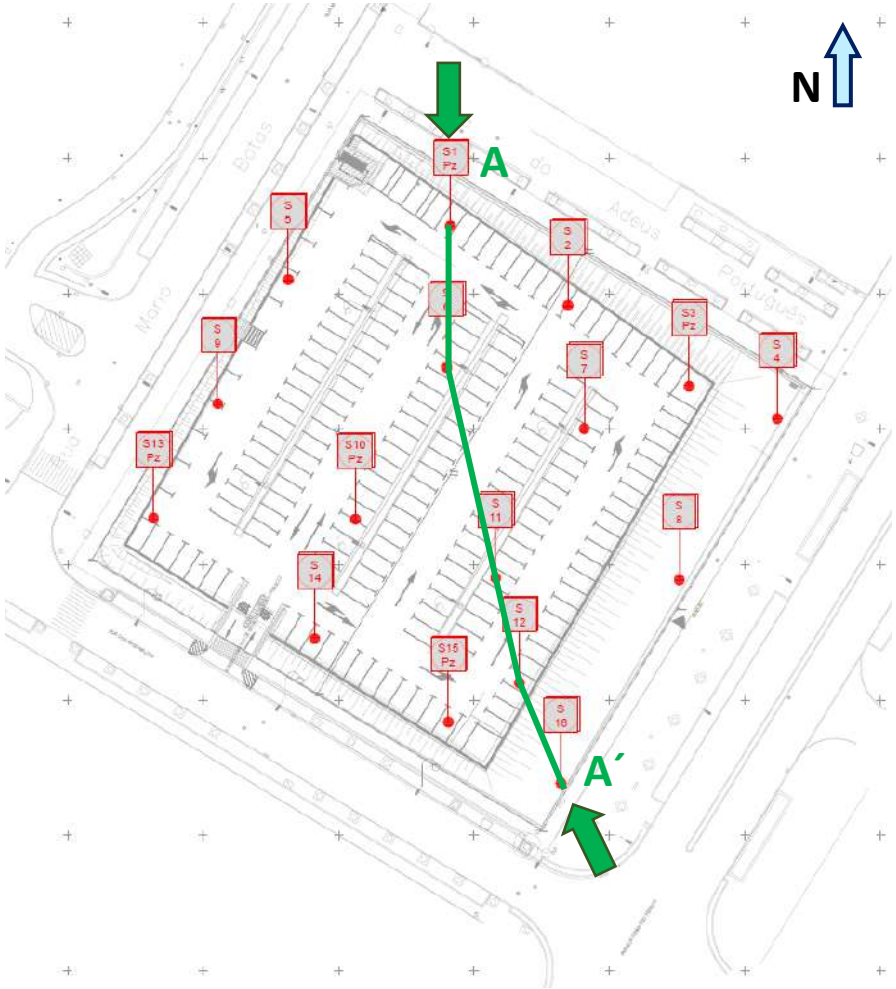


- Zona fortemente urbanizada
- Futuras construções na periferia
- Nível freático instalado em camadas de maior permeabilidade
- Laje de fundo prevista, a aproximadamente, 11 m de profundidade
- Total dependência das condições geológicas-geotécnicas

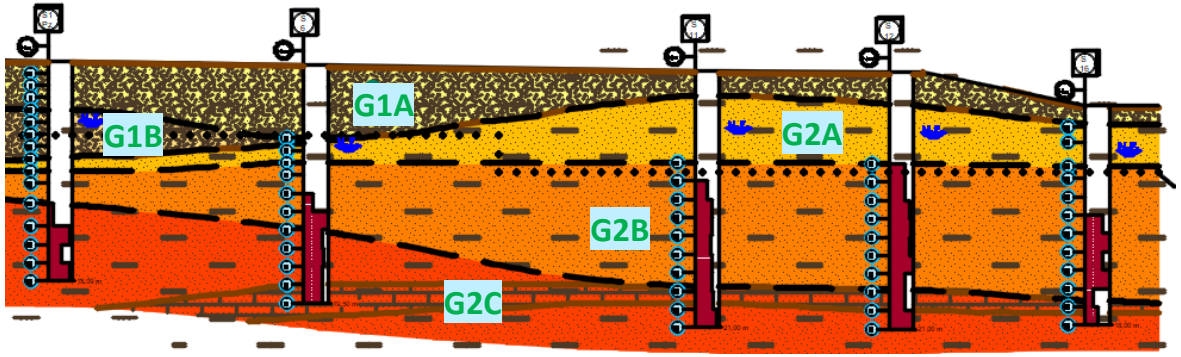


Recolha de informação geológica:

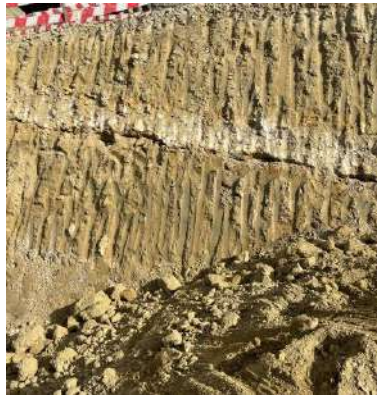
- 16 Sondagens Mecânicas
  - Ensaios SPT
  - Extração de amostras
  - Ensaios de laboratório
- 5 Piezómetros



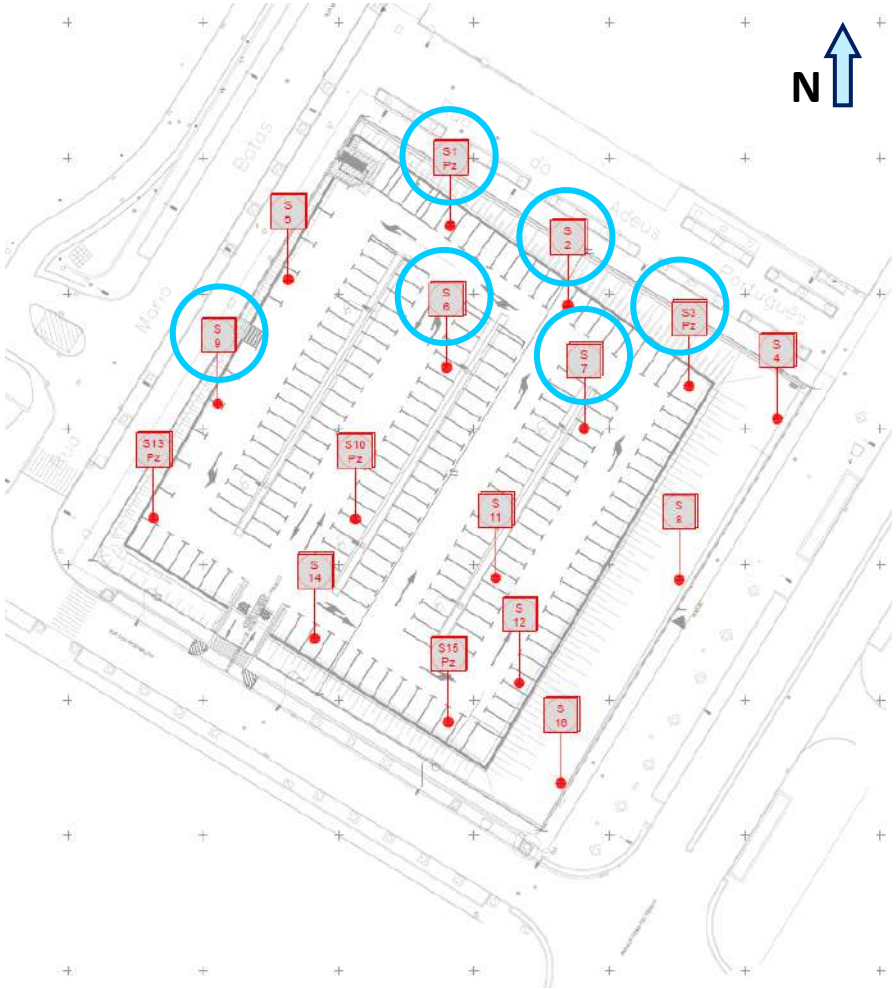
Corte A-A´



Zonas Geotécnicas	Formações
G1A	Aterro areno-argiloso muito solto a solto
G1B	Aterro areno-argiloso medianamente compacto
G2A	Solos areno-siltosos medianamente compactos
G2B	Solos areno-siltosos compactos
G2C	Solos areno-siltosos muito compactos



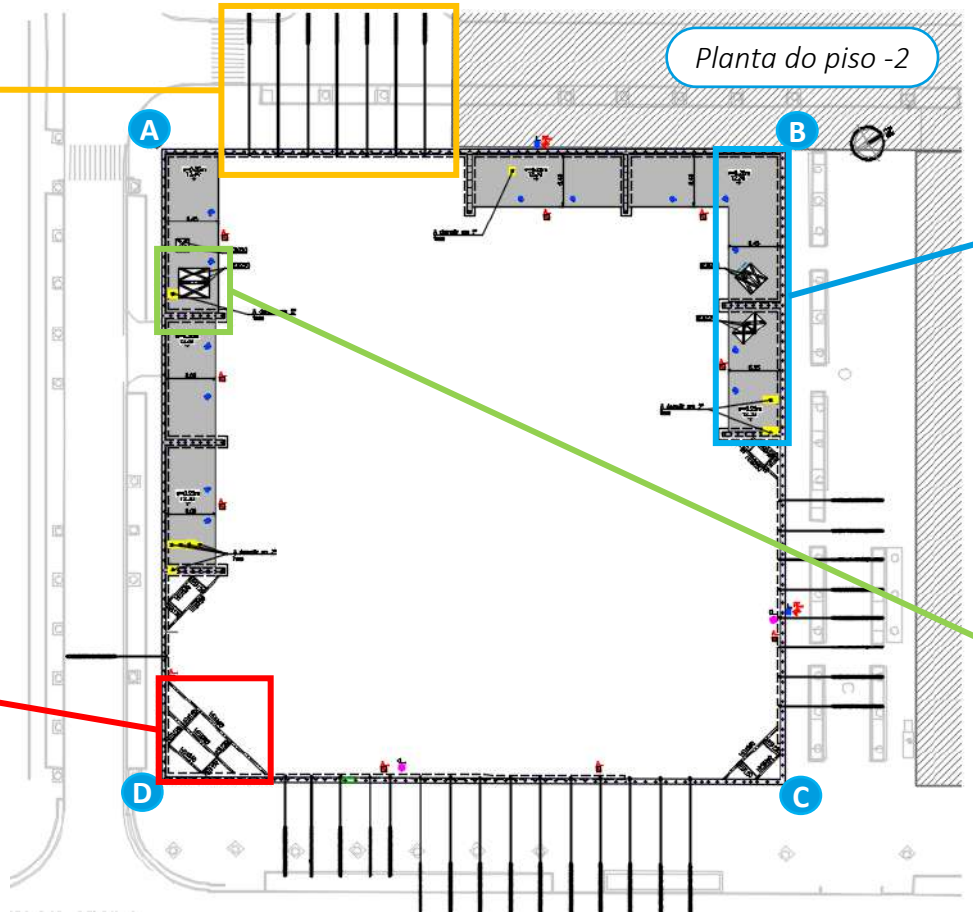
Terrenos de muito baixa permeabilidade no fundo da escavação



- 6 das sondagens realizadas identificaram a presença de **hidrocarbonetos,** coincidentes, em geral, com a interseção de **camadas de terrenos de maior permeabilidade**

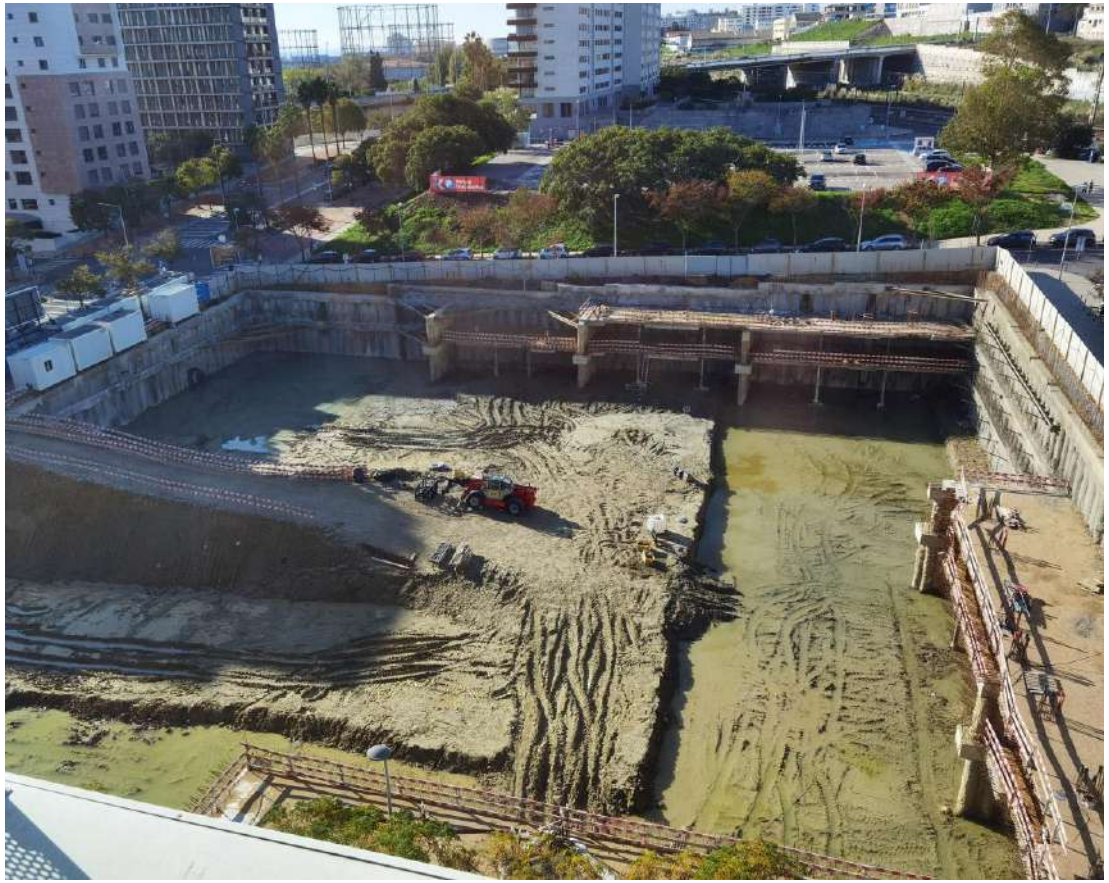
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS


Planta do piso -2
A
B
C
D

Contrafortes provisórios
A
Bandas de laje

B
Contrafortes provisórios
Perfis verticais de apoio provisório da banda
Bandas de laje

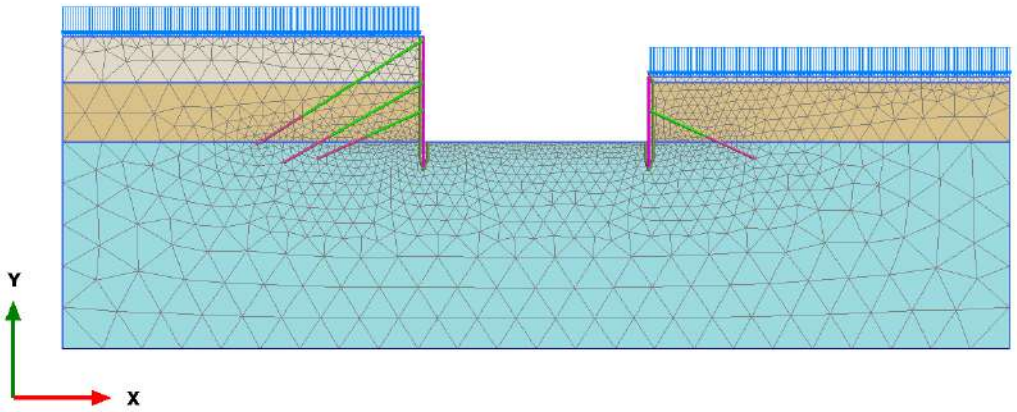


ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **ANÁLISE NUMÉRICA**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

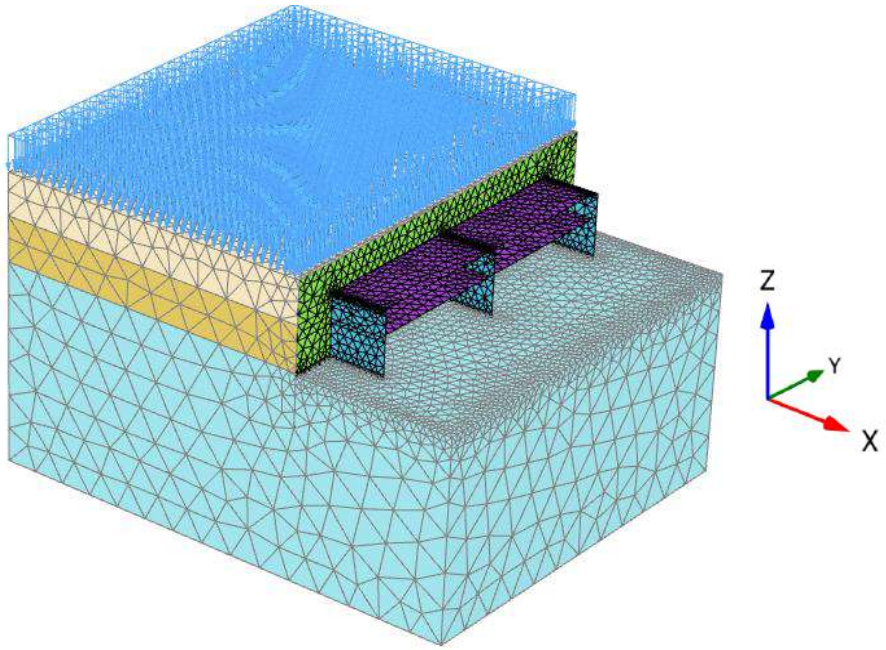
Programas de Elementos Finitos

PLAXIS 2D

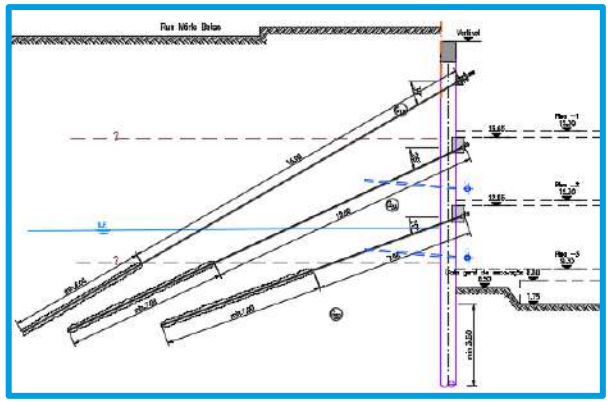


+

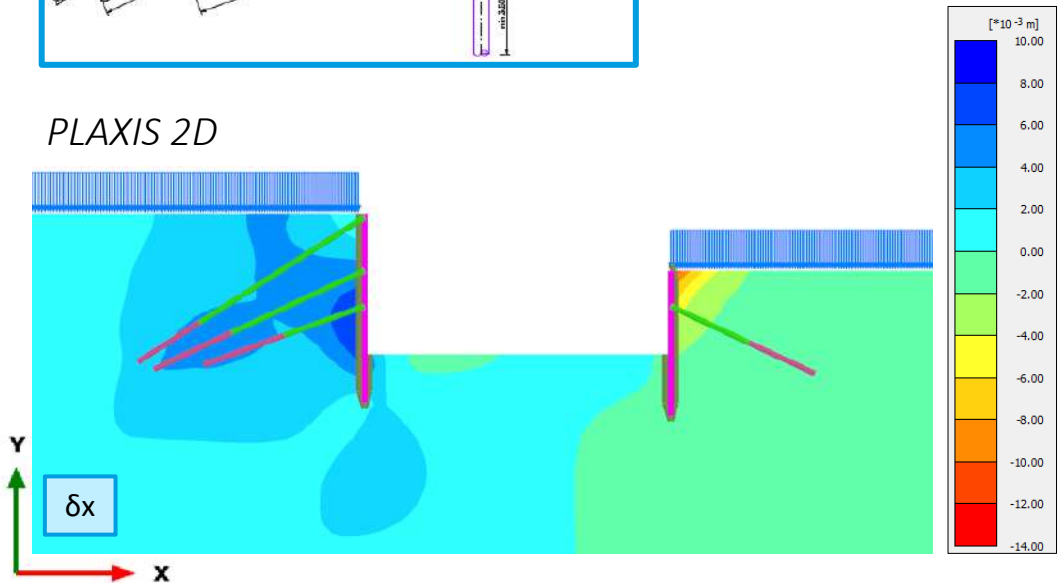
PLAXIS 3D



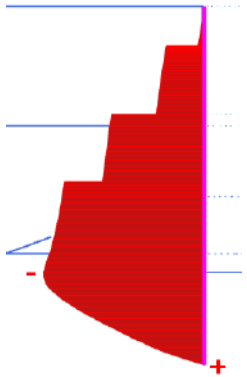
Esforços e deformações



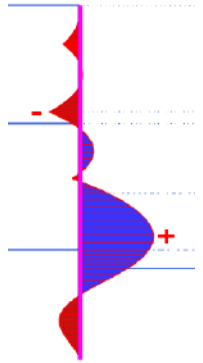
PLAXIS 2D



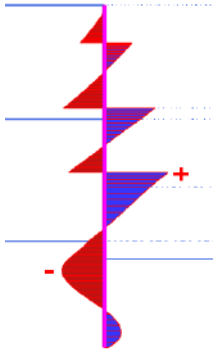
N



M

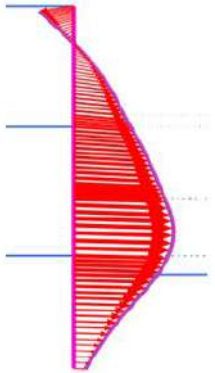


V



N [KN/m]	M [KNm/m]	V [KN/m]
-345,7	160,5 -66,76	144,3 -95,99

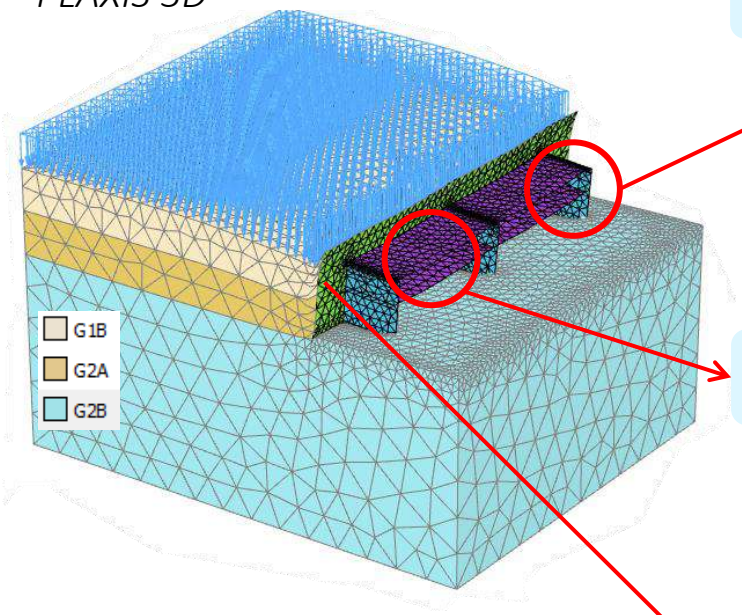
δx



δx [mm]
8,68

Esforços e deformações

PLAXIS 3D

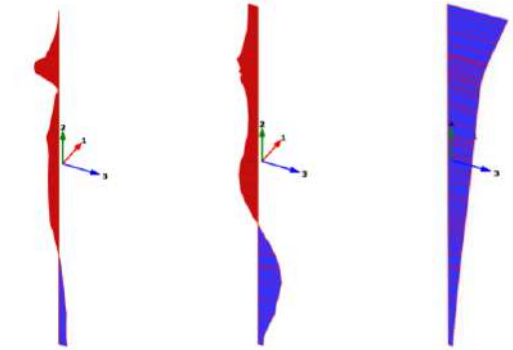


Contrafortes

Bandas de laje

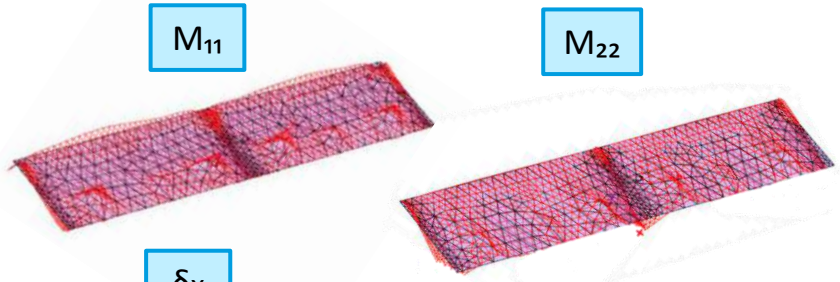
Cortina de estacas

N_2 M_{11} δx



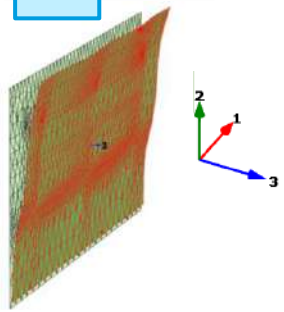
N_2 [KN/m]	M_{11} [KNm/m]	δx [mm]
-221,0	209,1 -183,6	50,30

M_{11} M_{22}



M_{11} [KNm/m]	M_{22} [KNm/m]
22,81 -53,49	70,36 -68,37

δx



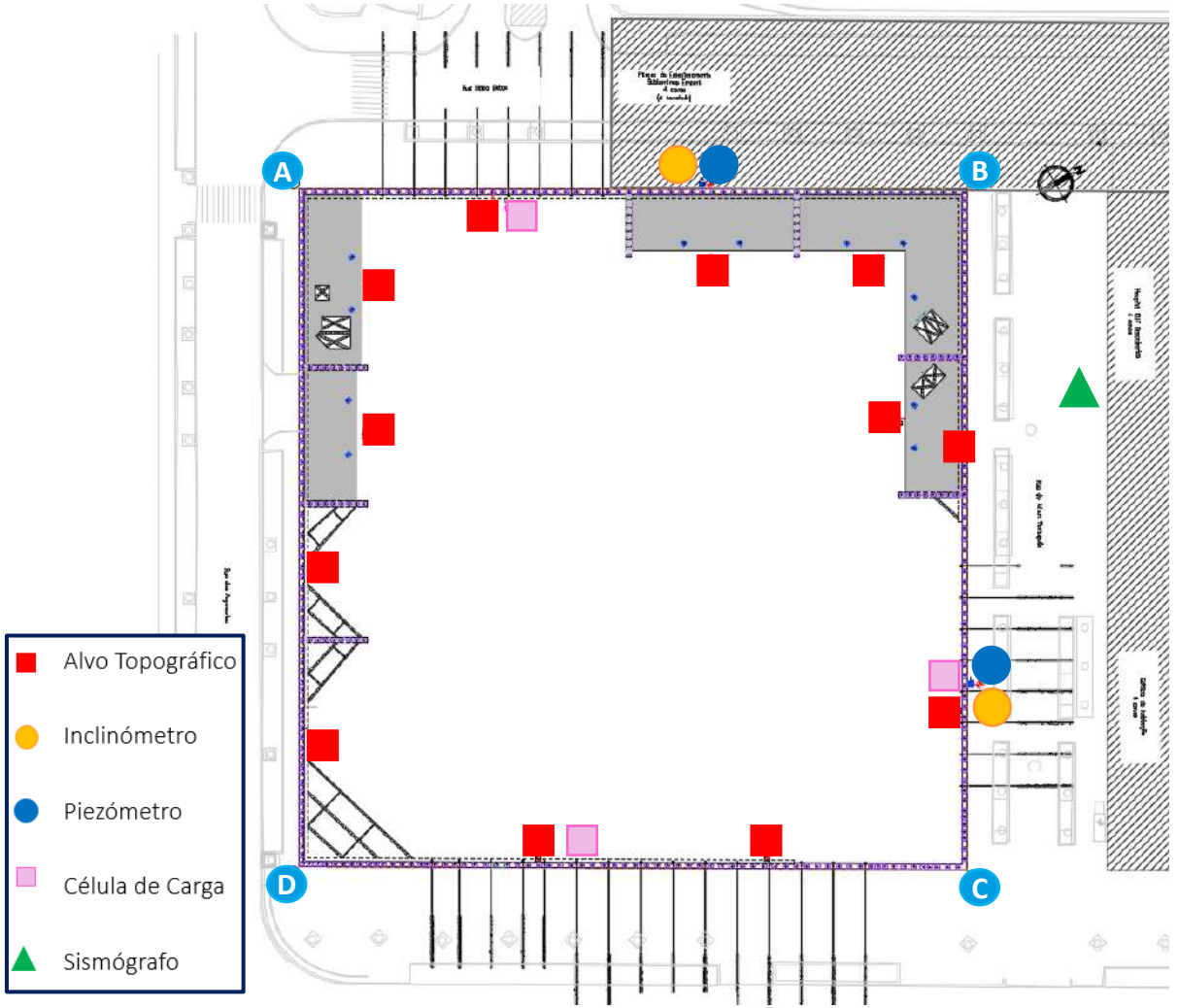
δx [mm]
55,54

ÍNDICE

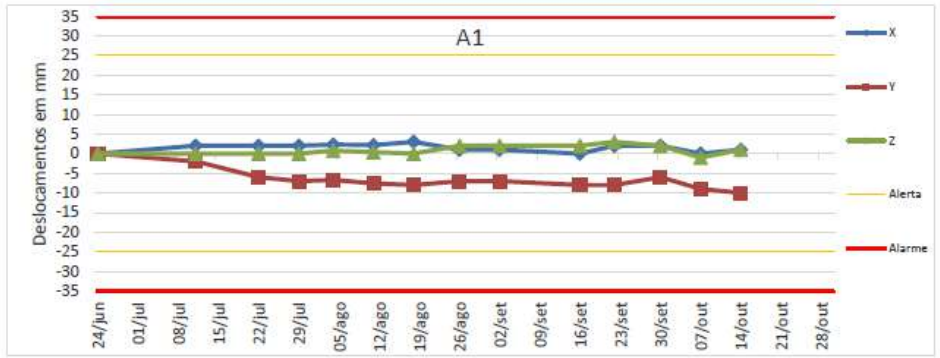
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

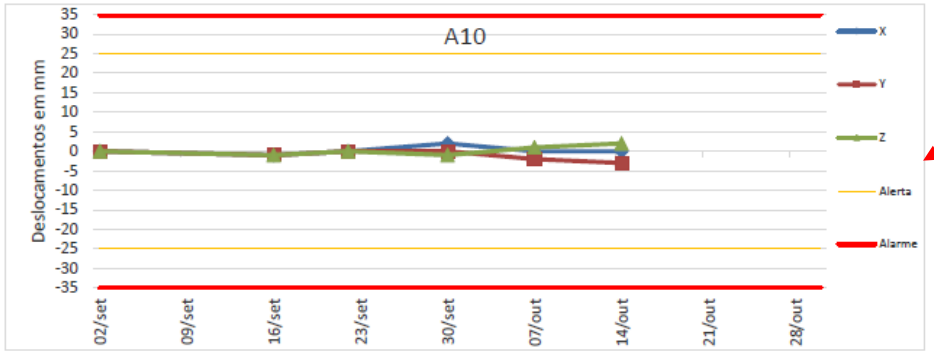
Plano de Instrumentação e Observação:

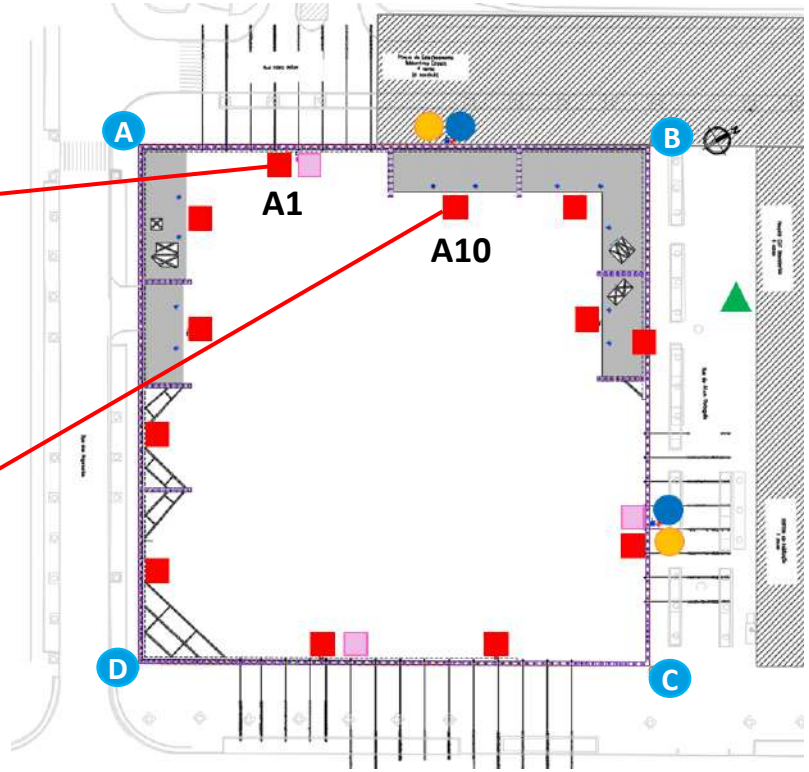
- 31 Alvos topográficos
- 4 Células de carga
- 2 Inclinómetros
- 2 Piezómetros
- 1 Sismógrafo



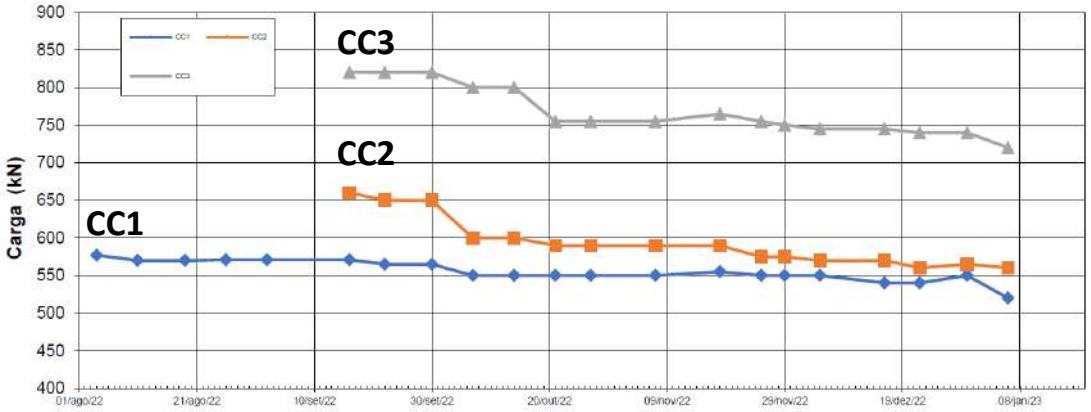
Alvos topográficos





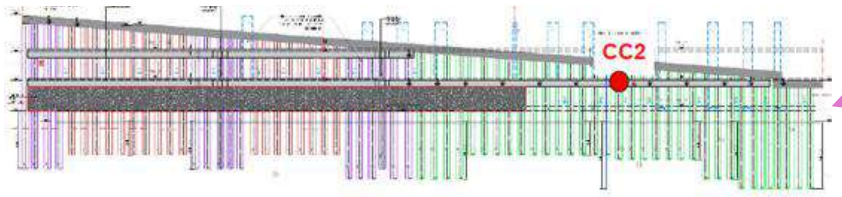


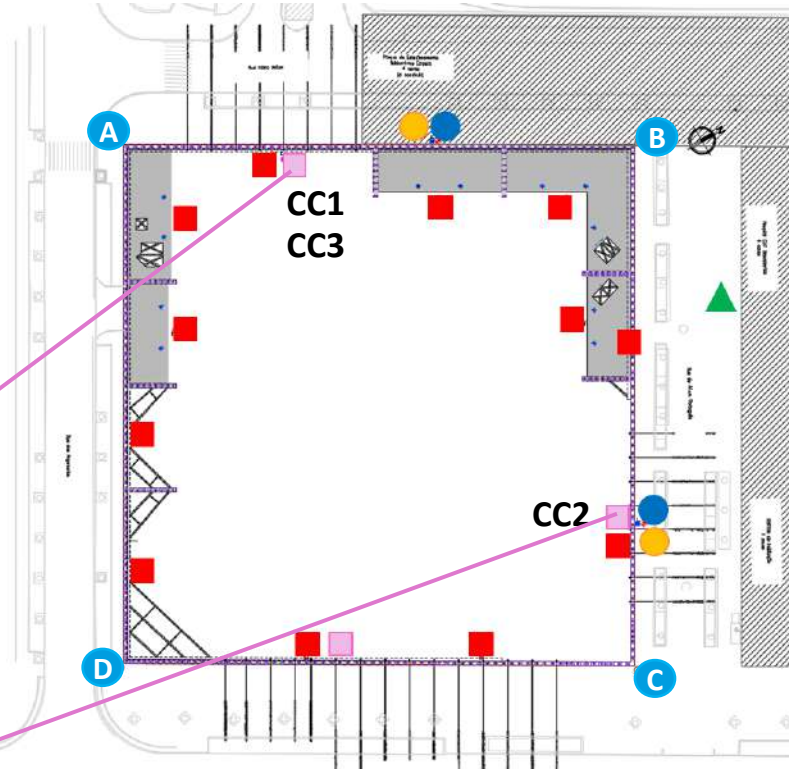
Células de carga



Alçado AB

Alçado BC





ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclusões:

- Eficiência da aplicação das soluções de contenção periféricas apresentadas
- Deformações reais foram inferiores às estimadas em fase de projeto
- Eficiência económica das soluções devido à utilização de elementos estruturais que também farão parte da estrutura definitiva
- Desafios em obra levaram ao ajuste do projeto, em particular compatibilização entre a posição dos contrafortes provisórios e os elementos verticais da estrutura final dos edifícios

Soluções de Escavação e Contenção Periférica em Meio Urbano – Empreendimento DISTRIKT, Lisboa

AGRADECIMENTOS

kronos REAL ESTATE GROUP

FICOPE

CASAIS

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

Soluções Geotécnicas para a Construção de uma Plataforma Logística em Loures

Rui Tomásio[a], André Henriques[a], Filipa Ramalho[b], João Dias[c]

[a] JETSJ Geotecnia

[b] Norton EI

[c] Triaxial

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- MODELOS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

INTRODUÇÃO

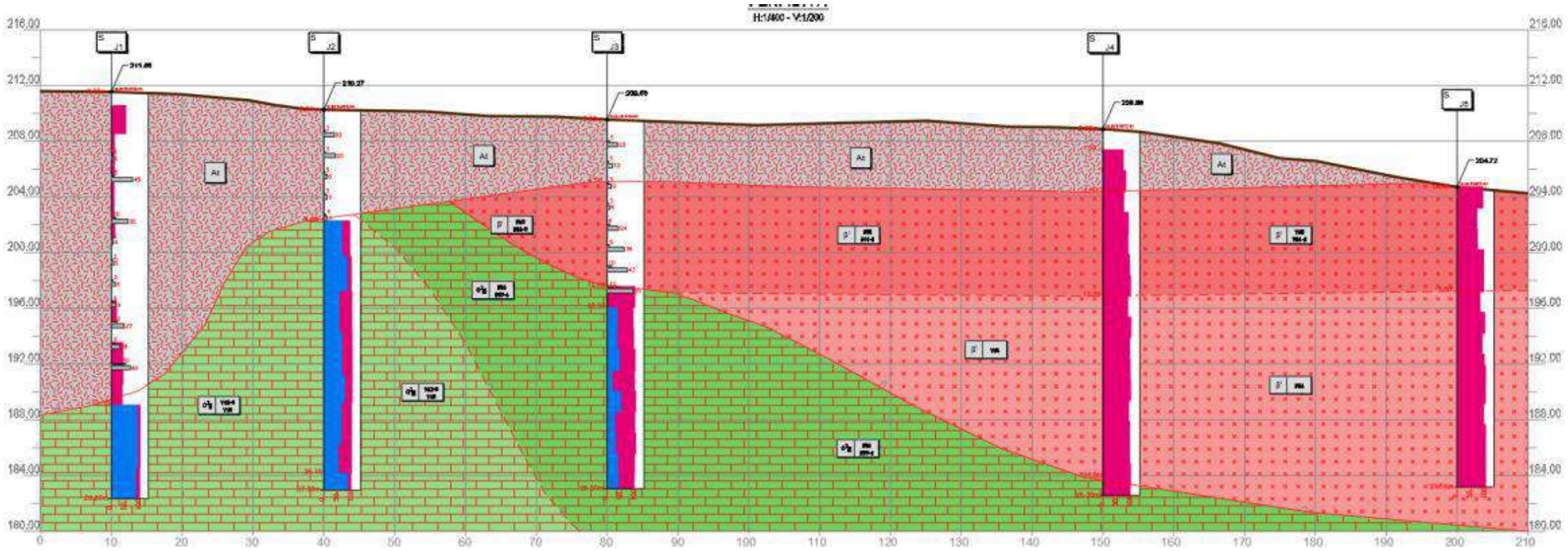
São Julião do Tojal
Loures
Loures
Frielas
Santa Iria de Azoia
Ramada
Santo António dos Cavaleiros
Famões
Odivelas
Póvoa de Santo Adrião
São João da Talha
Camarate
Prior Velho
Portela
Image Landsat / Copernicus

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

- Entreposto logístico
- 107.000m2 área do terreno
- 55.000m2 área implantação do edifício
- 370.000m3 de escavação em solos
- 47.500m3 escavação em rocha
- 315.000m3 de solo estabilizado com cal
- 450m cortina estacas (20m)
- 250m muro gabiões (16m)
- 600m de muro de terra armada (18m)

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS



Aterros

Brechas e tufos vulcânicos

Calcário cristalino

CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS

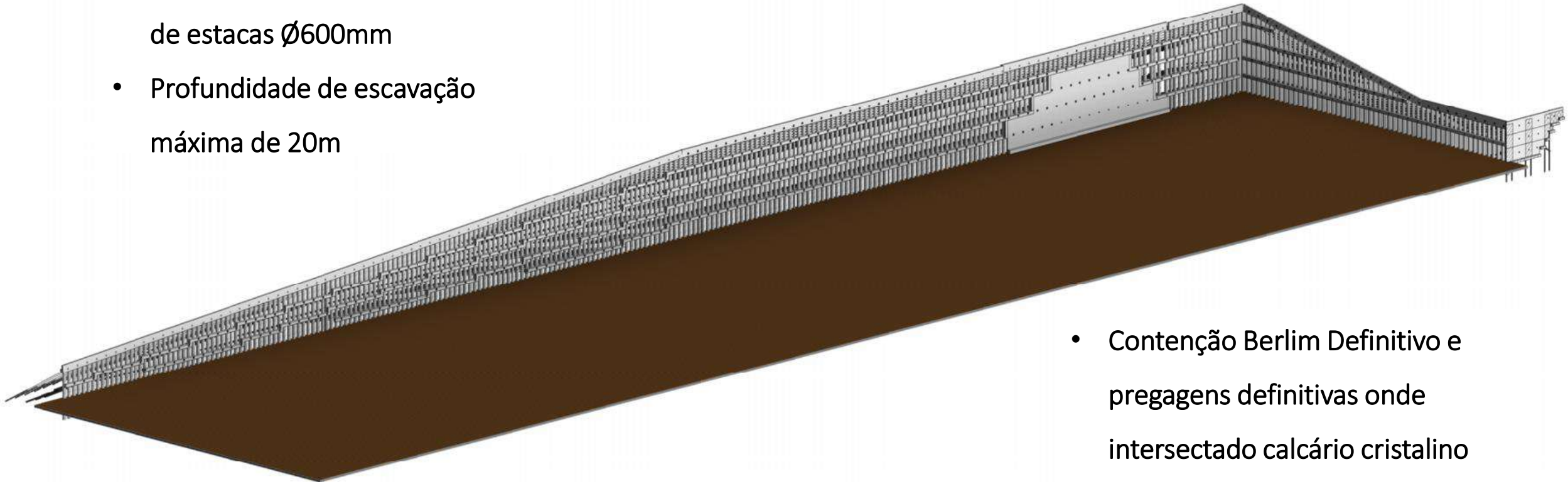
- 4 campanhas geotécnicas
- 58 sondagens
- 24 poços
- 10 perfis sísmicos
- 8 ensaios de corte direto
- 2 ensaios triaxiais
- 2 ensaios compressão simples

CONDICIONAMENTOS ANTRÓPICOS

CONDICIONAMENTOS ANTRÓPICOS

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA

- Contenção periférica em cortina de estacas Ø600mm
- Profundidade de escavação máxima de 20m



- Contenção Berlim Definitivo e pregagens definitivas onde intersectado calcário cristalino
- 5 níveis de ancoragens definitivas

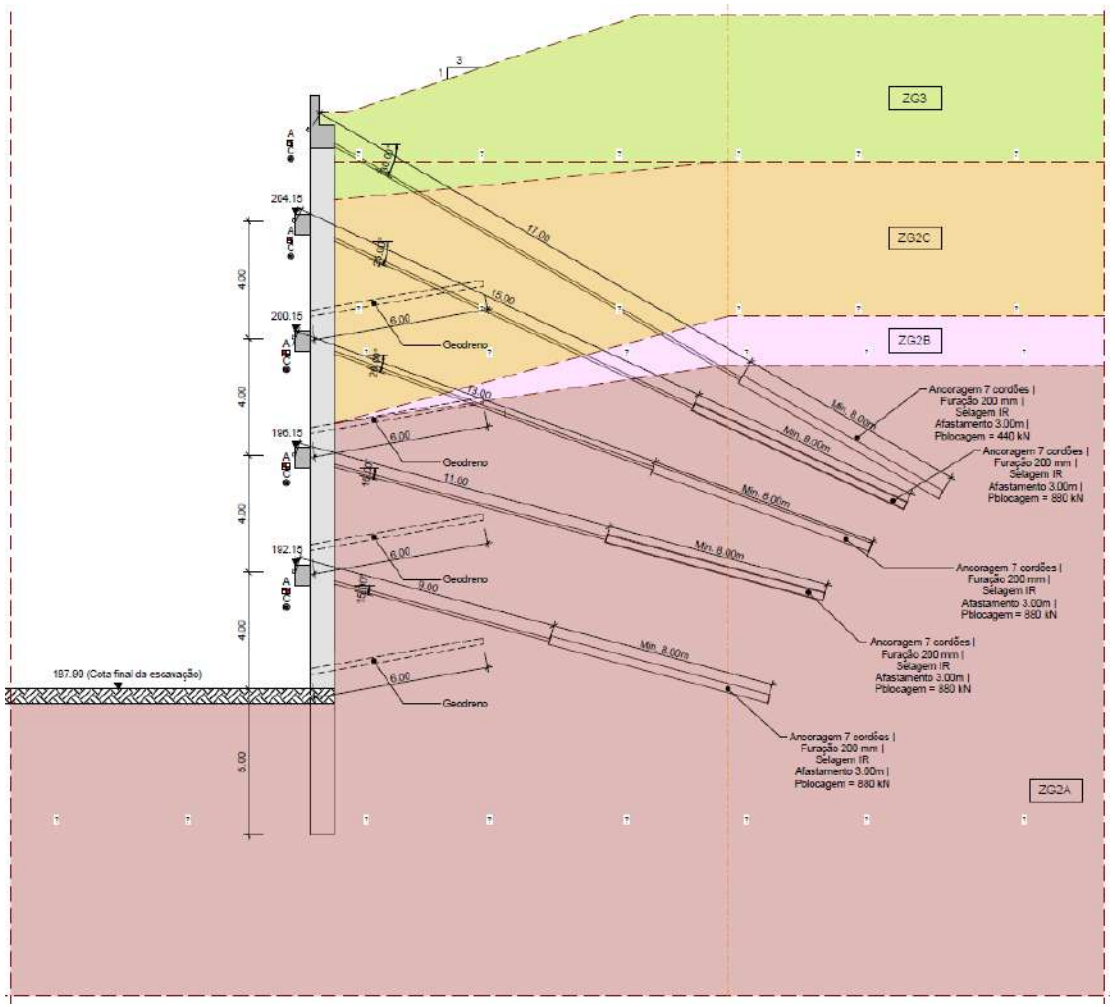
SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA

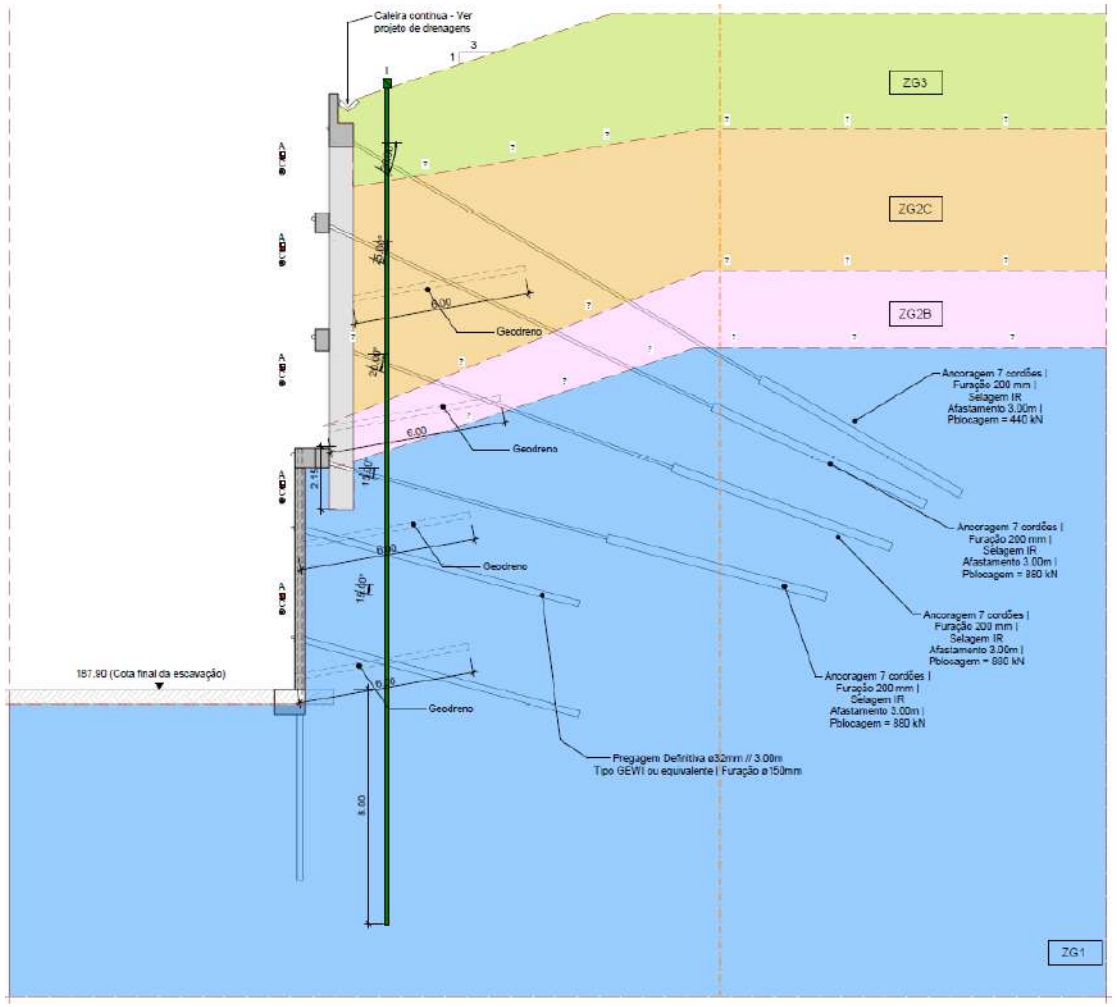
SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA





SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – CONTENÇÃO PERIFÉRICA – ENSAIOS PRÉVIOS DE ANCORAGENS

Ensaios realizados sobre ancoragens de sacrifício – Carga de Ensaio de 2000kN

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – MURO GABIÕES

- Muro com altura corrente de 16m
- Capacidade da acomodar um deposito de terras acima do seu coroamento
- Adaptação da base do muro ao afloramento do maciço calcário

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – MURO GABIÕES

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – MUROS TERRAS ARMADA

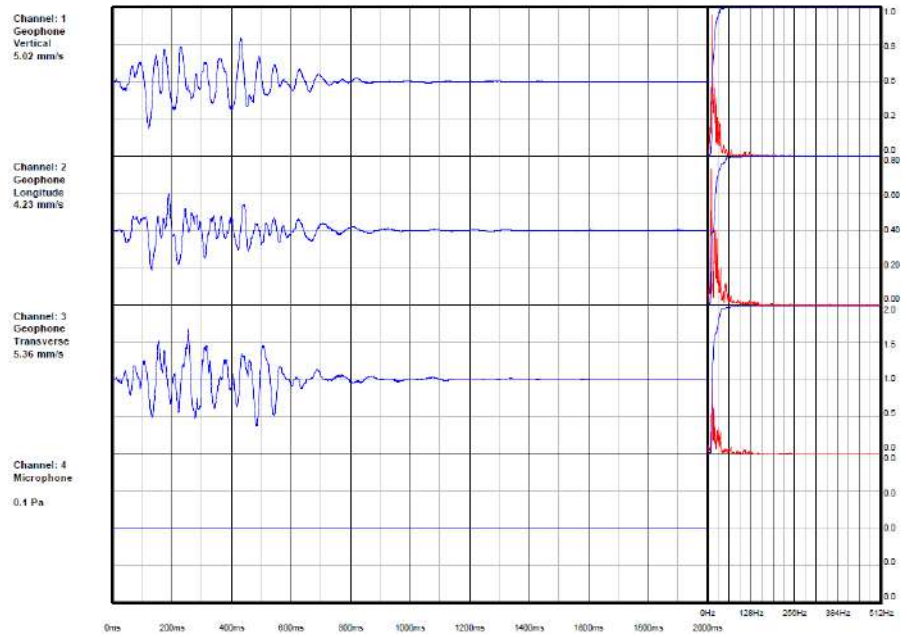
- Muro com altura máxima de 18m
- Troços de muro fundados em aterro
- Reforço da fundação e da estabilidade global com recurso a geotêxtis
- 2 alinhamentos de muro que interagem entre si

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – MUROS TERRAS ARMADA

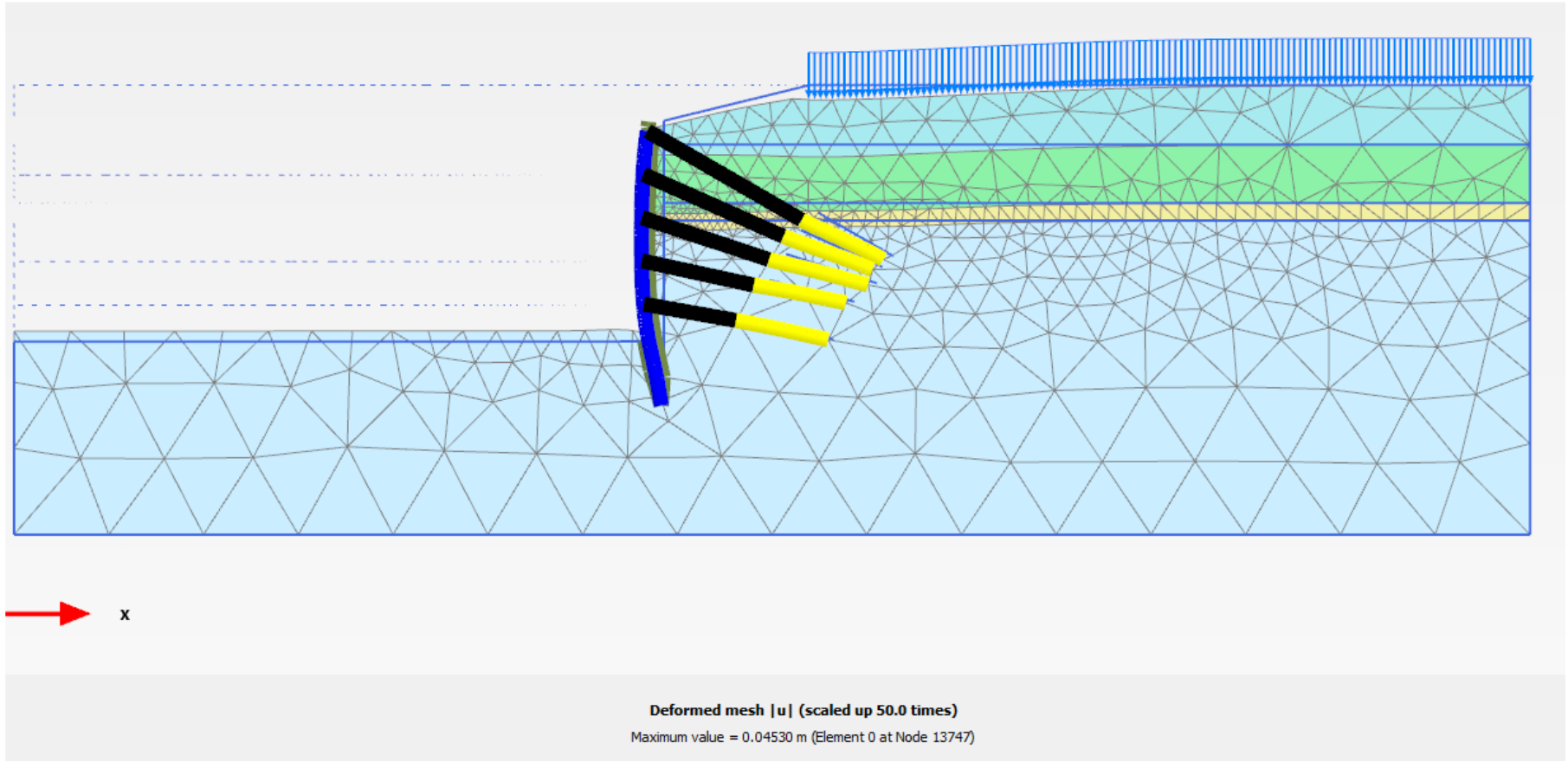
SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – ATERRO COM SOLO TRATADO COM CAL

SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS – DESMONTE DO MACIÇO CALCÁRIO COM EXPLOSIVOS

- Controlo das vibrações
- Controlo indireto do impacto na cortina de estacas e nos bolbos de selagem das ancoragens definitivas

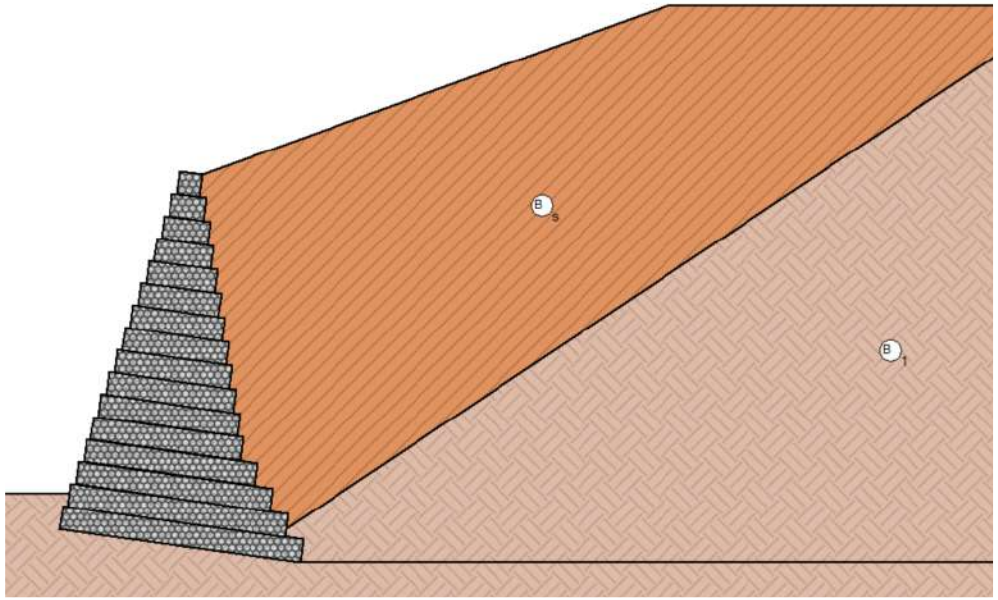


MODELOS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO – CORTINA DE ESTACAS



- Verificação das ações estáticas e das ações sísmicas (pseudo-estático)

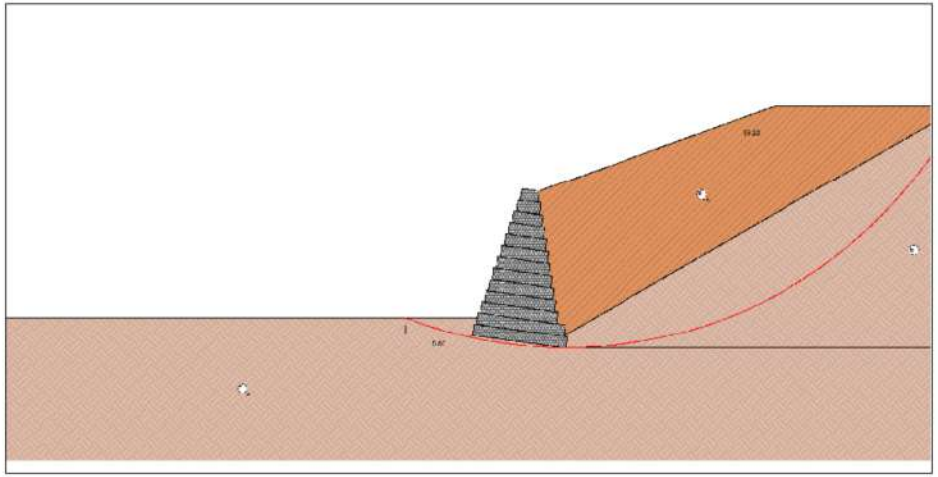
MODELOS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO - MURO GABIÕES



- **Resultados** — Eurocode 7 EN 1997-1 (EU) - DESIGN APPROACH 1: M2+R1±Kh±Kv

ELU Estado Limite Último

Geometria do Muro



Resultados das Análises

Empuxos Ativo e Passivo

Empuxo Ativo [kN/m]	1524.63
Ponto de apl. ref. ao eixo X [m]	6.97
Ponto de apl. ref. ao eixo Y [m]	4.57
Direção do empuxo ref. ao eixo X [°]	35.58
Empuxo Passivo [kN/m]	451.34
Ponto de apl. ref. ao eixo X [m]	0.10
Ponto de apl. ref. ao eixo Y [m]	0.71
Direção do empuxo ref. ao eixo X [°]	0.00

Deslizamento

Força normal sob a base [kN/m]	1900.76
Ponto de apl. ref. ao eixo X [m]	2.19
Ponto de apl. ref. ao eixo Y [m]	-0.31
Força atuante tangencial [kN/m]	1181.02
Força resistente tangencial [kN/m]	2158.42
Deslizamento	1.83

Tombamento

Momento Atuante [kN/m x m]	2965.47
Momento Resistente [kN/m x m]	9133.07
Tombamento	3.08

Tensões Atuantes na Fundação

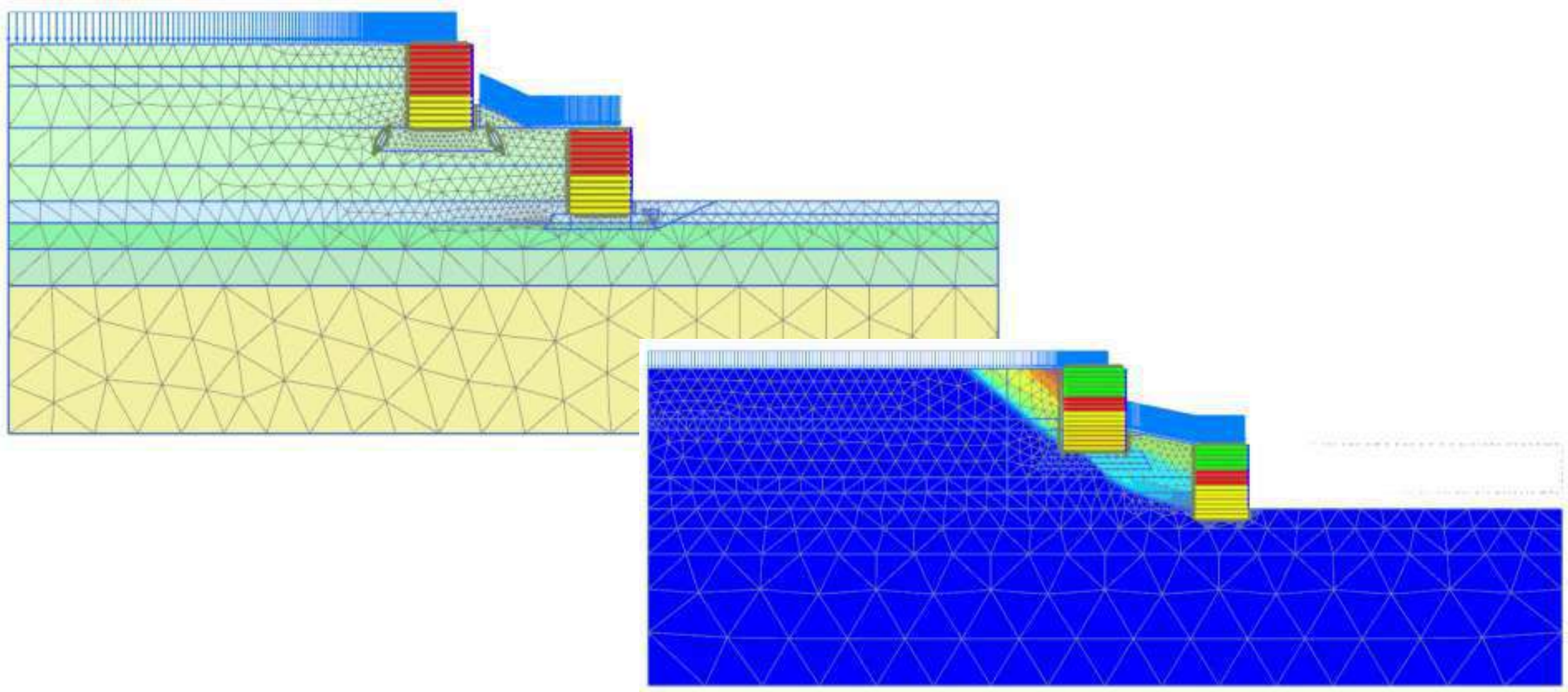
Excentricidade	1.81
Tensão normal na borda externa [kN/m²]	618.06
Tensão normal na borda interna [kN/m²]	0.00
Tensão última da fundação [kN/m²]	750.00
Tensão na Base esq.	1.21
Tensão na Base dir.	-

Aviso. A base não é totalmente utilizada!

Estabilidade Global | Bishop

Centro do arco ref. ao eixo X [m]	8.01
Centro do arco ref. ao eixo Y [m]	36.70
Global	1.57

MODELOS DE CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO – MURO TERRA ARMADA



CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 7000.000m3 de escavação em solos
- 3500.000m3 com aterro direto no local definitivo
- 3500.000m3 com aterro em depósito temporário em obra
- 156.500m3 escavação em rocha
- 133.000m3 de britagem de rocha para utilização no aterro do muro de gabiões
- 315.000m3 de solo estabilizado com cal (1%)
- 9.500ton de cal aérea
- 18.500m3 rachão para gabiões
- 450m cortina estacas (20m)
- 250m muro gabiões (16m)
- 600m de muro de terra armada (18m)
- 18.000m2 de geotêxtil de reforço da fundação dos muros de terra armada

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Importância do acompanhamento diário da obra e d a adaptação do projeto em fase do obra, face à singularidade do local
- Necessidade de balancear integralmente os solos movimentados de forma não existir qualquer material transportado a vazadouro
- Elevado controlo da compactação
- Edifício pré-fabricado fundado diretamente sobre o aterro de solos estabilizados com cal

Soluções Geotécnicas para a Construção de uma Plataforma Logística em Loures

AGRADECIMENTOS

Dono Obra

Fiscalização

Empreiteiro

Subempreiteiro Geotecnia

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

PLATAFORMA LOGÍSTICA NA AZAMBUJA, PORTUGAL: SOLUÇÕES DE REFORÇO DE SOLOS E DE FUNDAÇÕES

Sousa, André, JETsj Geotecnia, asousa@jetsj.com

Pinto, Alexandre, JETsj Geotecnia

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- CONDICONAMENTOS
- SOLUÇÃO DESENVOLVIDA
- CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO
- EXECUÇÃO
- CONCLUSÕES

INTRODUÇÃO

- ✓ Dois armazéns de logística, com área máxima de implantação de aproximadamente 50.434m^2.
- ✓ Estrutura composta por pilares e vigas em betão armado pré fabricado e estrutura metálica.

❖ **Soluções adotadas:**

- Fundações indiretas dos pilares da estrutura com recurso a estacas pré-fabricadas em betão armado;
- Pavimentos interiores fundados numa laje de fundação em betão armado com fibras, sobre plataforma de transferência de carga.

CONDICIONAMENTOS

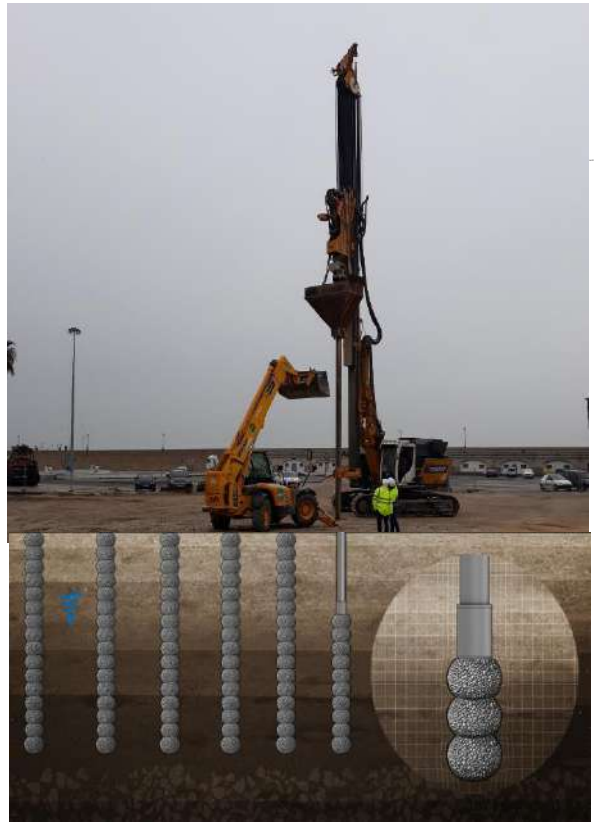
- ✓ Condicionamentos de natureza geológico-geotécnicos
  - À superfície, depósitos **aluvionares (a) e de aterro (At)**;
  - **Substrato Miocénico** a profundidades variáveis entre 2 a 10m para o armazém 1, enquanto no Armazém 2 a profundidades variáveis entre 10 a 20m.

- ✓ Condicionamentos de prazo de execução
  - Necessidade de colocar em exploração, com a **maior celeridade possível**.

SOLUÇÃO DESENVOLVIDA PARA MELHORAMENTO DE SOLOS

- ✓ **Colunas de brita compactadas** dispostas numa malha quadrada de 2,8x2,8m2 e 3,1x3,1m2 em toda a área de fundação do pavimento interior;

- ✓ Vantagens do método:
  - Bom comportamento na distribuição e acomodação das tensões sob a plataforma de transferência de carga;
  - Controlo dos assentamentos diferenciais;
  - Desempenho: 200 a 260 ml/dia por equipa e turno.



SOLUÇÃO DE FUNDAÇÕES DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

- ✓ Estacas encabeçadas por maciços de **1, 2, 3 e 4 estacas** ligadas entre si por vigas de fundação.

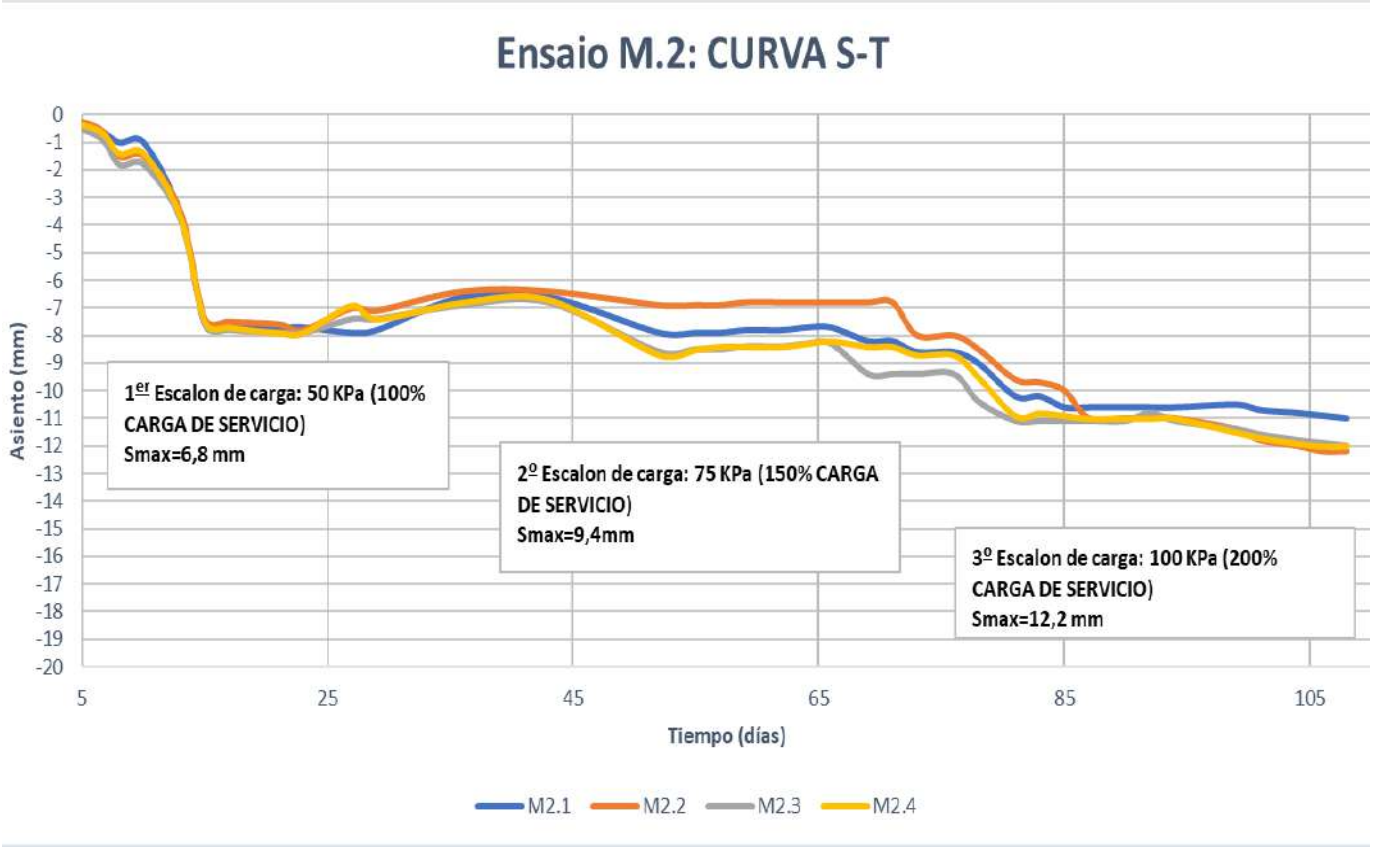
- ✓ Características das estacas:
  - Estacas pré-fabricadas com betão C50/60;
  - Armadas com 4Ø16mm e cintagem com ∅8mm com afastamento máximo de 11cm e 9,8cm;
  - Secções 235x235 e 270x270mm;
  - Valores máximos das cargas axiais em serviço, a rondar os **850kN** e **1120kN**.

CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO DAS COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS

- ✓ Ensaios de carga estática vertical:
  - Total de 30 ensaios;
  - Carga máxima até 150% da carga em serviço.
- ✓ Ensaios de carga de longa duração:
  - Duração de 3 meses;
  - Carga máxima até 200% da carga em serviço

CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO DAS COLUNAS DE AGREGADOS COMPACTADOS

ENSAIOS DE MÓDULO - COLUNAS IMPACT®			
ZONA	Nº COLUNA	MÓDULO DE RIGIDEZ (K_s)	MÓDULO DE DEFORMAÇÃO (E_s)
		MN/m³	Mpa
1B	21D	156.00	429.28
	33F	143.00	393.74
	48G	157.00	431.49
	60F	78.00	215.64
1C	11W	145.00	399.38
	21P	201.00	552.18
	33S	92.00	254.28
	48U	82.00	226.49
2B	13B	78.00	215.75
	20I	113.00	310.27
	28L	95.00	262.58
	37G	96.00	263.90
1D	10-Q	90.00	247.60
	11-D	110.00	302.42
	19-K	85.00	233.05
	19-S	104.00	284.92
1F	11-J	87.00	238.76
	16-F	82.00	225.63
	17-I	112.00	309.35
	20-C´	123.00	338.36
2F	7-M	82.00	224.42
	17-O	149.00	410.34
	41-R	150.00	413.59
	58-U	121.00	331.66
2D	37´-F	115.00	317.56
	50´-F	78.00	213.33
	54-Q	79.00	216.87
	R22	89.00	244.48
2C	W39	203.00	559.56
	O46	79.00	217.54
	M61	83.00	228.97
	T23	197.00	542.87
2A	F34	87.00	240.41
	S53	185.00	509.18
	B67	90.00	247.52
	Média	114.74	315.81
	Desehno	76.00	250.00



CONTROLO DE QUALIDADE E DE EXECUÇÃO DAS ESTACAS CRAVADAS PRÉ-FABRICADAS

- ✓ Ensaios PDA numa amostra representativa das estacas de fundação:
  - Zona de resistências médias a uma profundidade entre 4.30-14.00m com valores de resistência unitária no fuste inferiores a **90 kN/m²**;
  - Numa zona inferior, valores unitários de resistência por fuste entre **138-319 kN/m²**;
  - Resistência unitária por ponta registaram-se valores entre **3984-16844 kN/m²**.

EXECUÇÃO

EXECUÇÃO

CONCLUSÕES

- ✓ Os métodos construtivos aplicados às soluções adotadas provaram-se extremamente eficazes no que toca à otimização do tempo de execução;
- ✓ As soluções de fundações e de tratamento e reforço de solos adotadas permitiram, com base nos resultados dos ensaios realizados no âmbito do controlo de qualidade e de execução em obra, antecipar um bom desempenho das fundações em fase de exploração;

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO

PLATAFORMA LOGÍSTICA NA AZAMBUJA, PORTUGAL: SOLUÇÕES DE REFORÇO DE SOLOS E DE FUNDAÇÕES

AGRADECIMENTOS

JET SJ

TERRATEST

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

ESTABILIZAÇÃO E REFORÇO DE MURO CAIS NA DOCA N.º4 DO PORTO DE LEIXÕES
QUAY WALL STABILIZATION AND REINFORCEMENT AT N.º4 LEIXÕES HARBOR DOCK

Catarina Fartaria [a], Alexandre Pinto [a], Carlos Caxias [b], Marlene Dias [c], Joel Silva [d]

[a] JETsj, Geotecnia

[b] ANP Systems GMBH

[c] MSW – Estudos e Projetos

d APDL – Administração do Porto do Douro, Leixões e Viana do Castelo

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO ADOTADA
- ANÁLISES NUMÉRICAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

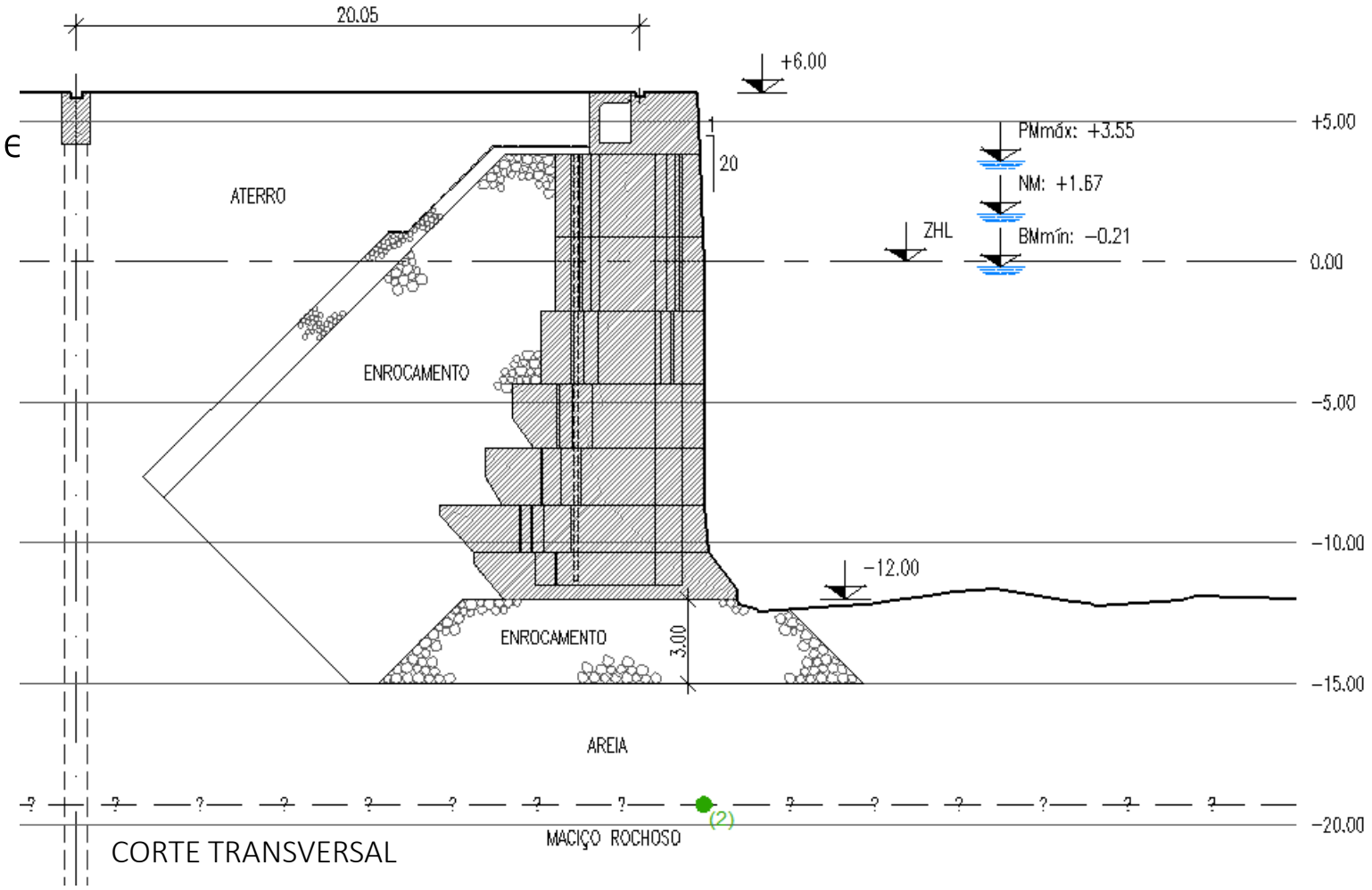
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO ADOTADA
- ANÁLISES NUMÉRICAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Localização

- Porto Leixões

Situação de Referência

- Colunas de blocos pré-fabricados e betão simples;
- Prisma de enrocamento;
- Superstrutura betonada in situ.

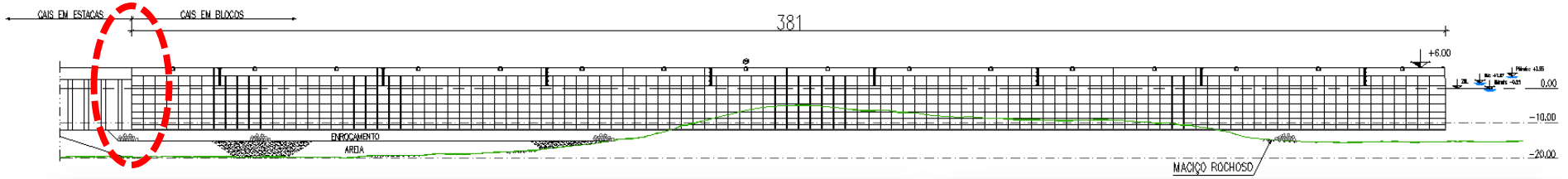


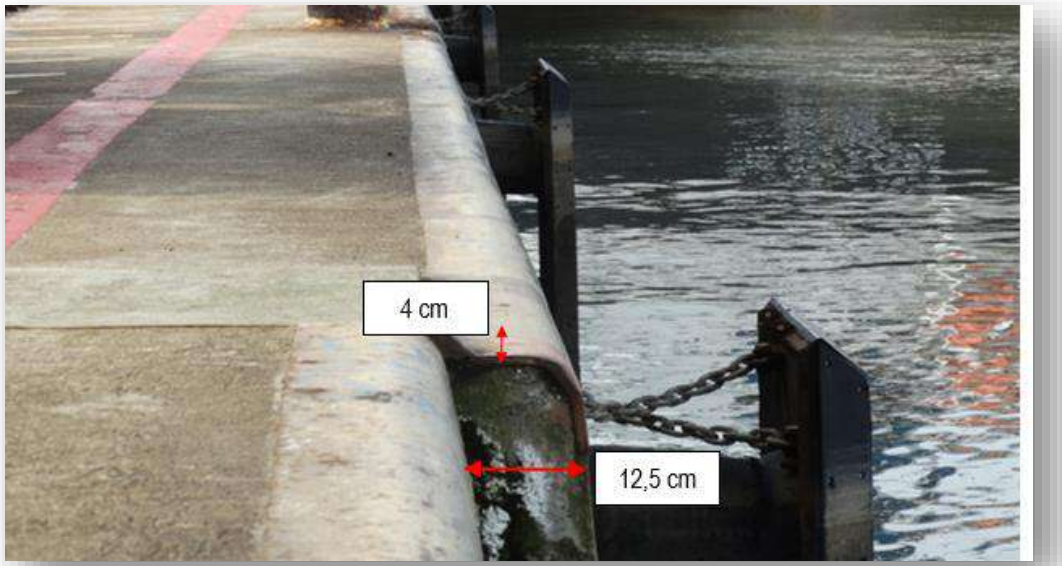
CORTE TRANSVERSAL

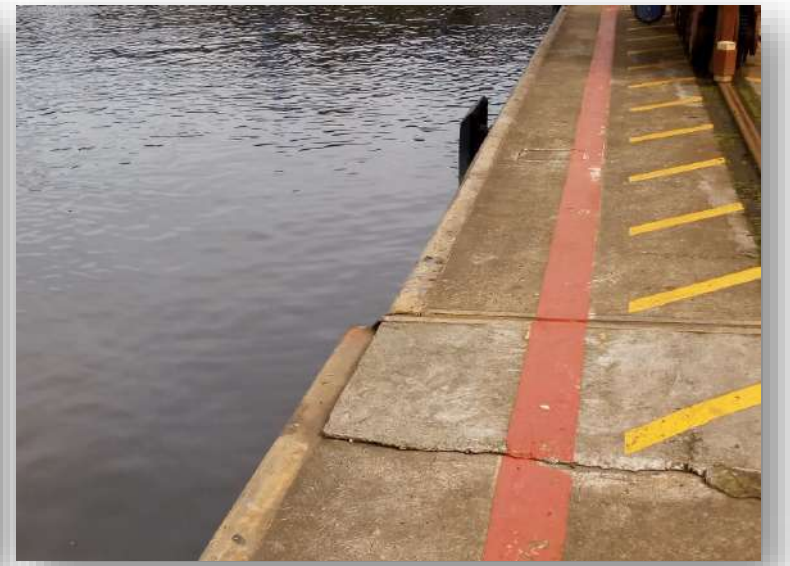
Anomalias Identificadas

- Desvio entre os coroamentos dos módulos 36 e 37

ALÇADO FRONTAL

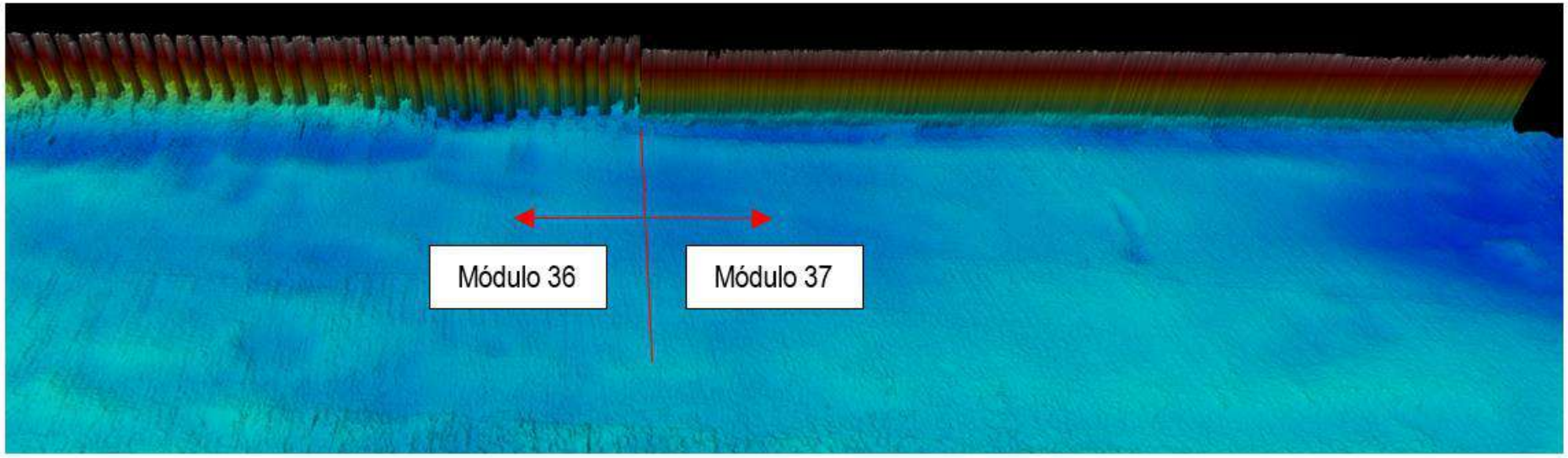






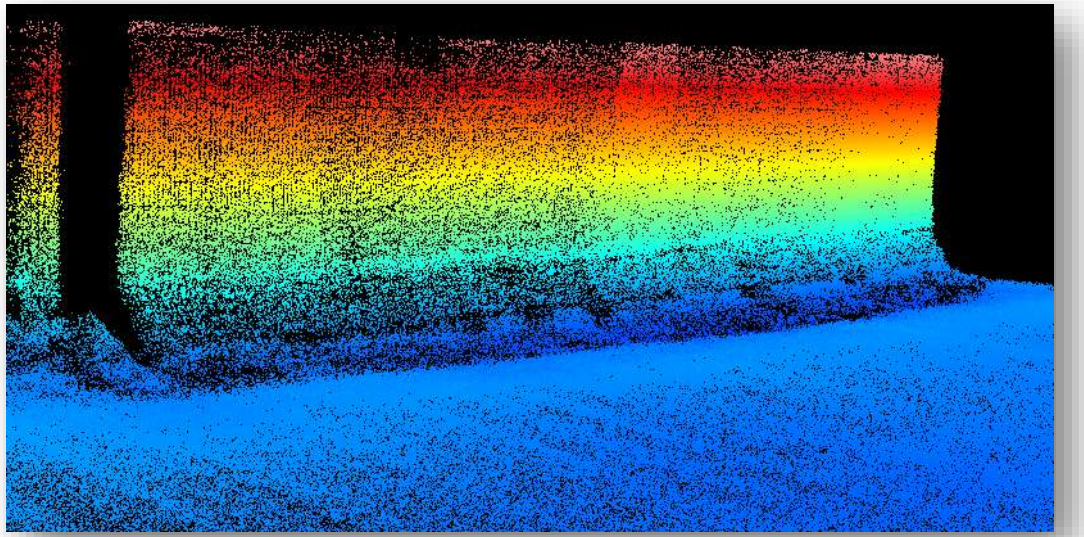
Anomalias Identificadas

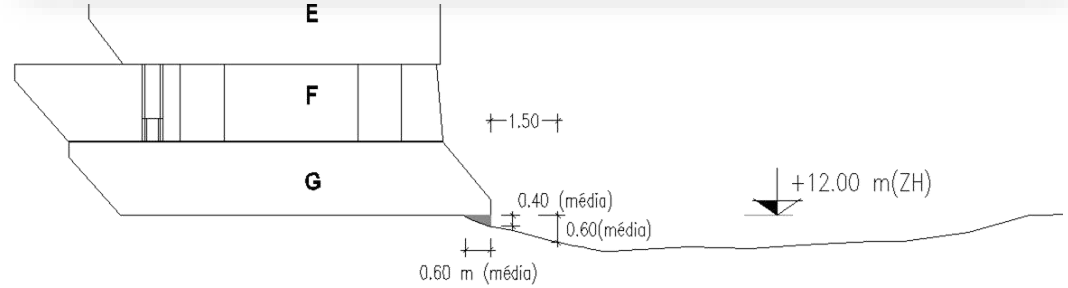
- Erosão do prima de fundação do muro cais



Anomalias Identificadas

- Erosão do prima de fundação do muro cais





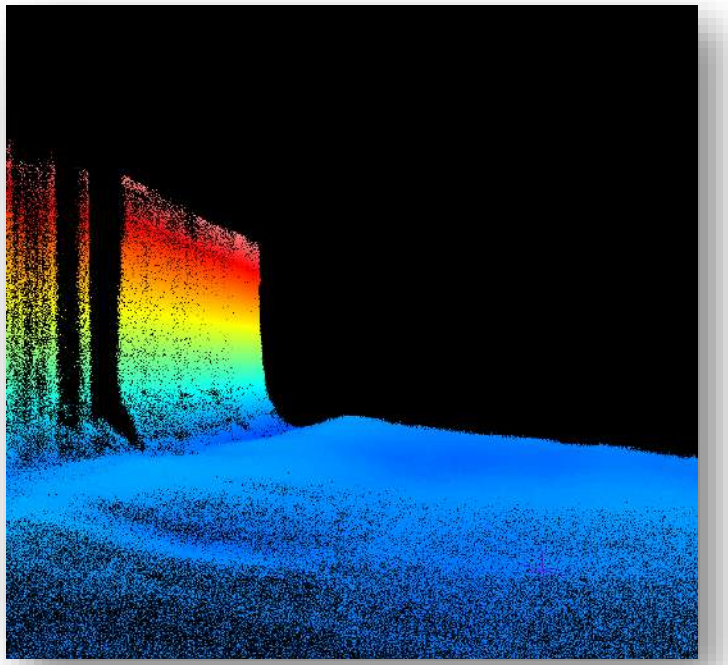
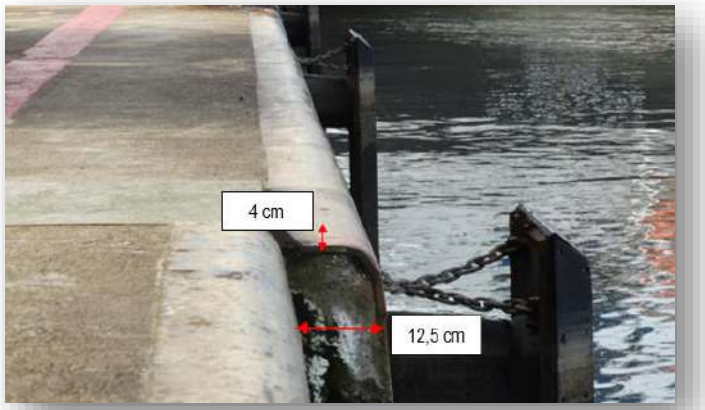
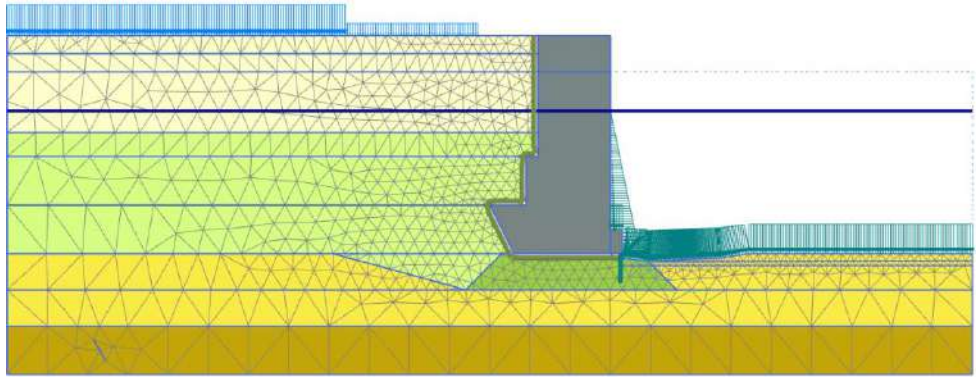


Imagem 3D do multifeixe do módulo 37
Evidência da vala na frente do cais

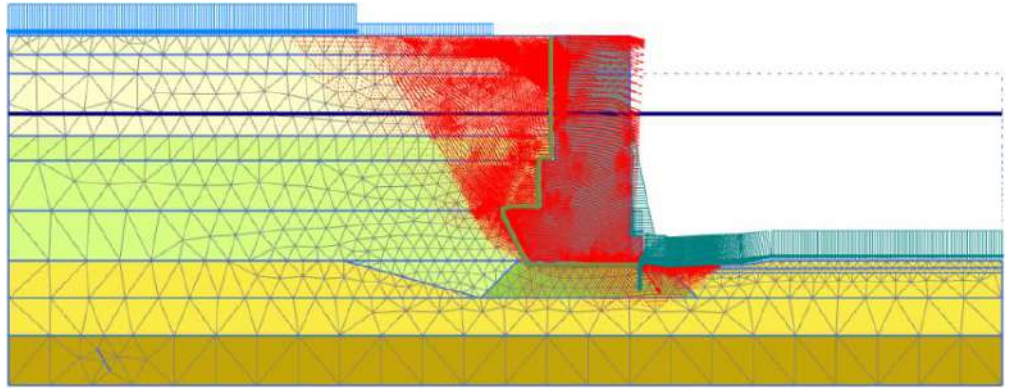
Estudo de Estabilidade

- Estudo por retroanálise para as condições de deformação à data da análise





MEF PLAXIS 2D



Campo de Deslocamentos

Fatores de segurança relativos à estabilidade global inferiores aos regulamentares

⇩

Necessidade de implementar medidas de estabilização e reforço

⇩

Reposição do fundo do cais – ***Scour Protection*** com Colchões de Betão

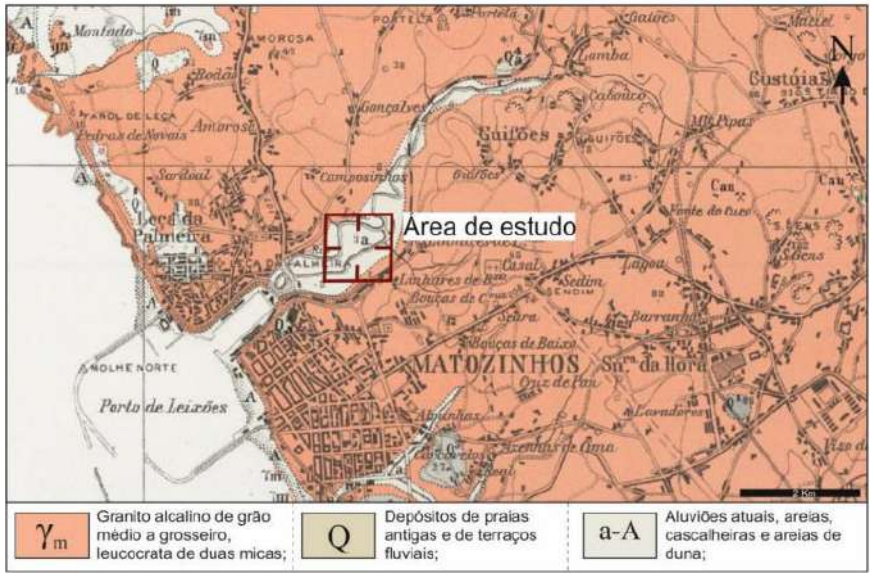
Aumento da estabilidade da estrutura – **Ancoragens Definitivas**

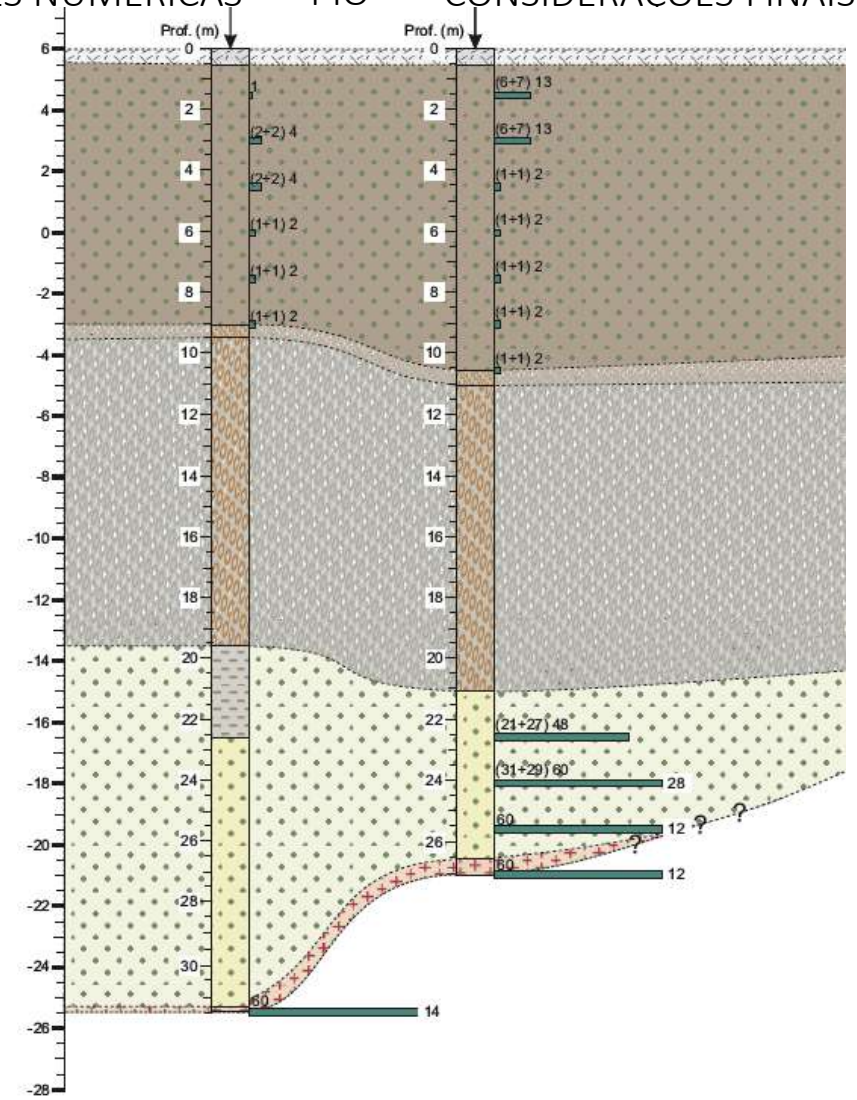
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO ADOTADA
- ANÁLISES NUMÉRICAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

- Aterros
- Materiais Aluvionares
- Rocha Granítica



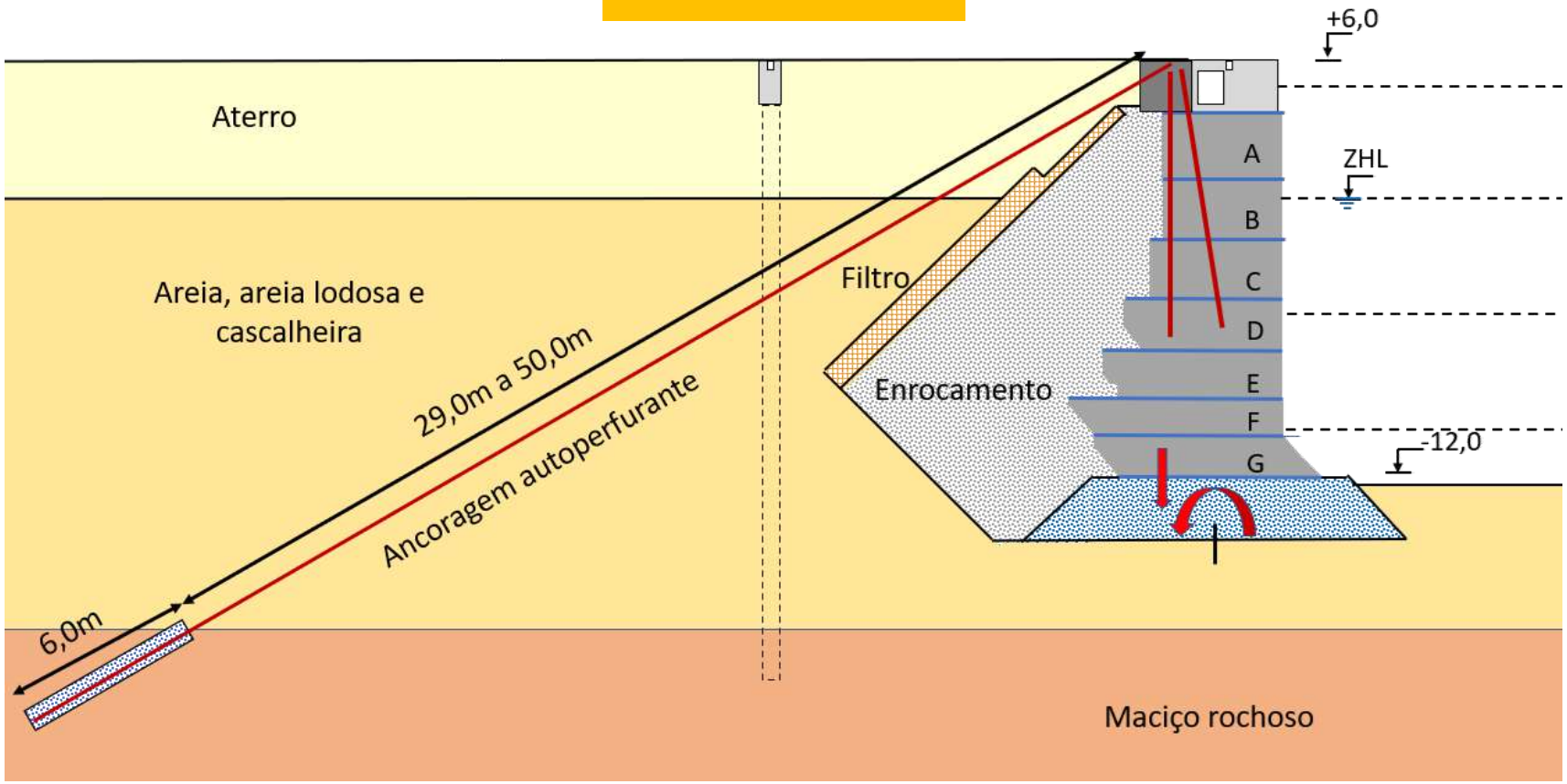


Condicionamentos Construtivos

- Execução dos trabalhos em simultâneo com as operações portuárias, tanto do lado do mar como do lado terrestre;
- Necessária solução de elevado rendimento para minimização do tempo de obra;
- Necessária a preservação do prisma de enrocamento e minimização do impacto nas camadas de fundação do pavimento.

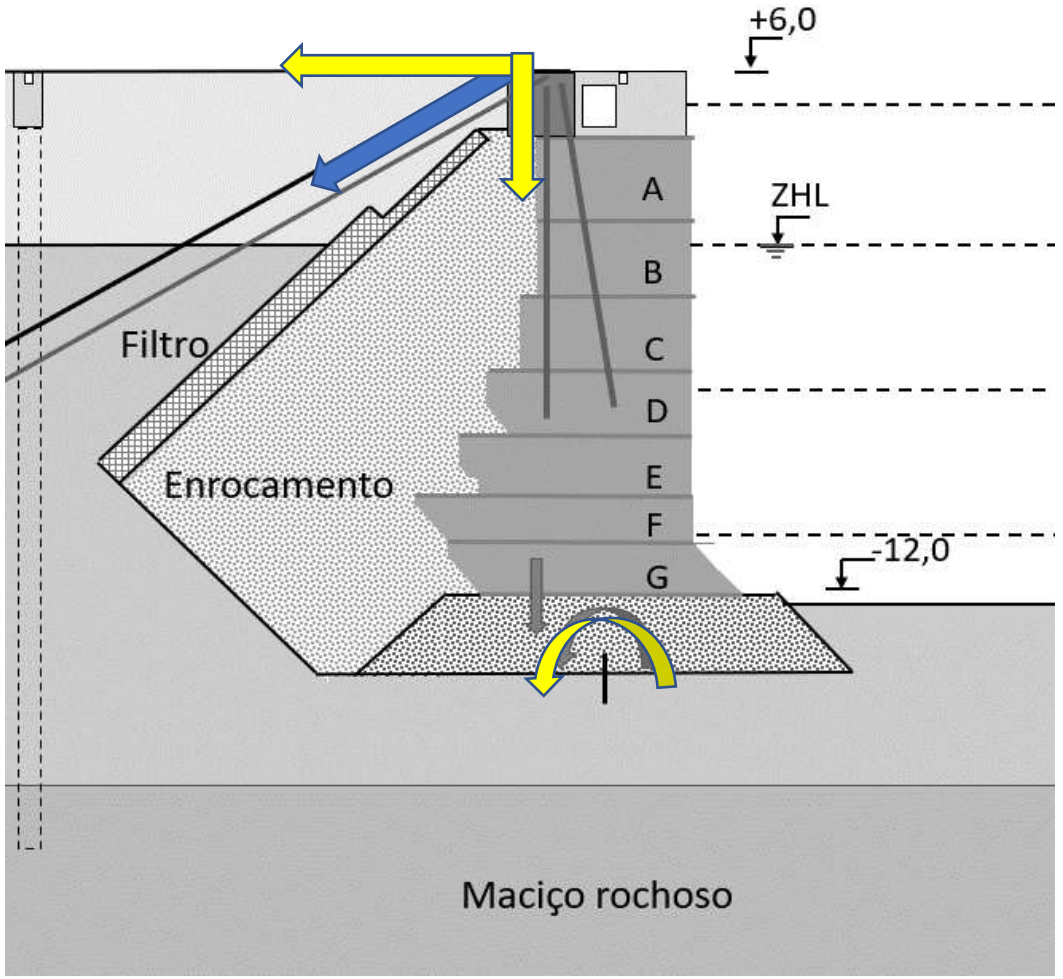
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÃO ADOTADA**
- ANÁLISES NUMÉRICAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS



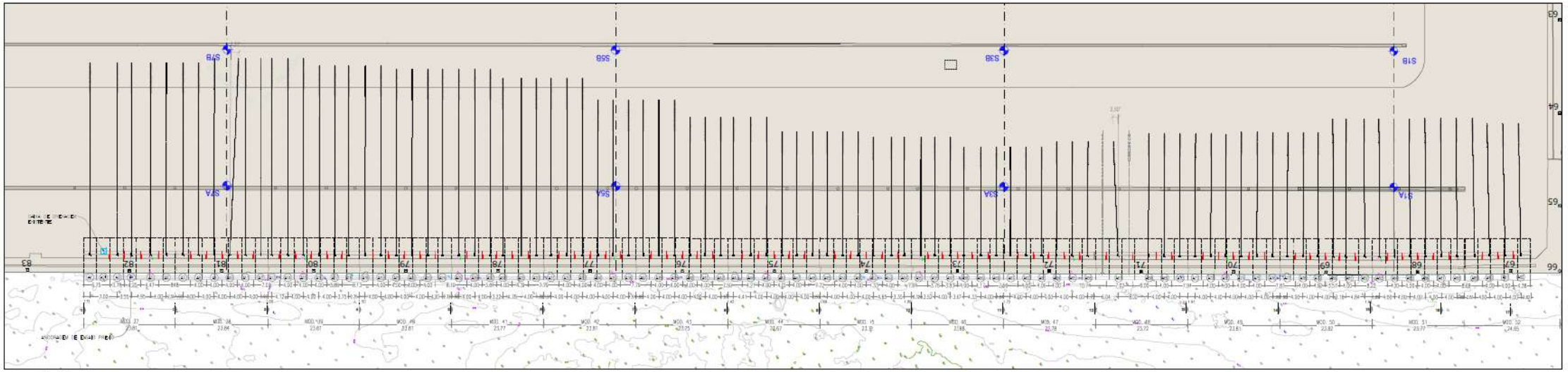
- Viga de encabeçamento, solidarizada à estrutura do muro cais;
- Ancoragens definitivas //4m e carga útil de 700kN com selagem no maciço granítico.

- Execução de ancoragens sem perfuração do filtro de tardoz;
- Efeito de estabilização à rotação do muro cais pela componente vertical do pré-esforço das ancoragens.



- Extensão de Intervenção: 381m
- Ancoragens Definitivas: 92 unidades

PLANTA



- Comprimento das Ancoragens:
  - Função do Zonamento Geológico-Geotécnico
  - Comprimentos entre 29m e 50m com 6m de selagem.

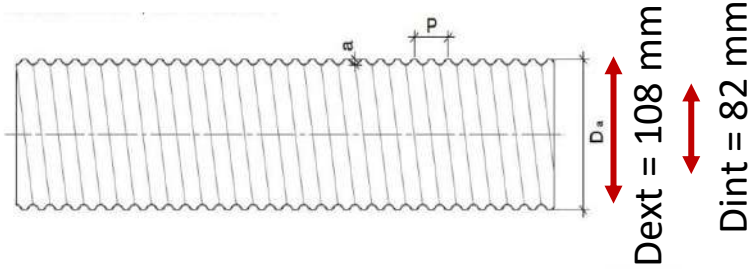
Processos Construtivos

- Utilizado sistema COMBI SELF-DRILLING
  - Tirante autoperfurante em barra oca
  - Perfuração com bit perdido;
  - Instalação com deslocamento do terreno;
  - Elemento de barra usado para perfuração e para proteção das cordoalhas;
  - Instalação de cordoalhas seladas no interior da barra com calda de cimento;
  - Pré-esforço pelo processo tradicional.

Processos Construtivos

- Utilizado sistema COMBI SELF-DRILLING
  - Barra ANP H2400 - 108mm (fy > 680N/mm2)

Item		Unit	H2400-108
Outer diameter threading	D_a	mm	
Outer design diameter	$D_{a;d}$	mm	
Inner diameter	D_i	mm	82,0
Cross-sectional area [a]	A	mm²	3 550
Weight	m	kg/m¹	27,9
Load at 0,2% yield [b]	R_e	kN	1 800
Yield strength [c]	$f_{0,2}$	N/mm²	510
Ultimate load [b]	R_m	kN	2 400
Tensile strength [c]	$f_{u;a}$	N/mm²	680
Ductility (Rm/Re)	k	-	
Total elongation at max. load	A_{gt}	%	
Young's Modulus	E	N/mm²	
Type of threading	-	-	
Threading standard	-	-	
Orientation threading	-	-	
Pitch	p	mm	
Heigth of thread	a	mm	
Relative rib area	f_R	-	



Processos Construtivos

- Utilizado sistema COMBI SELF-DRILLING
  - Desenvolvimento de bit adaptado às necessidades especificas da obra

Processos Construtivos

- Utilizado sistema COMBI SELF-DRILLING
  - Bit Ø200mm botões balísticos de tungsténio com sobre-corte em rocha 20mm
  - Utilização de unidade de roto-percussão sónica com frequências de vibração até 180Hz

Processos Construtivos

- Utilizado sistema COMBI SELF-DRILLING
  - 6 Cordoalhas de 0,62" (fptk=1860 MPa);
  - Placa de cunhas com trompa metálica.

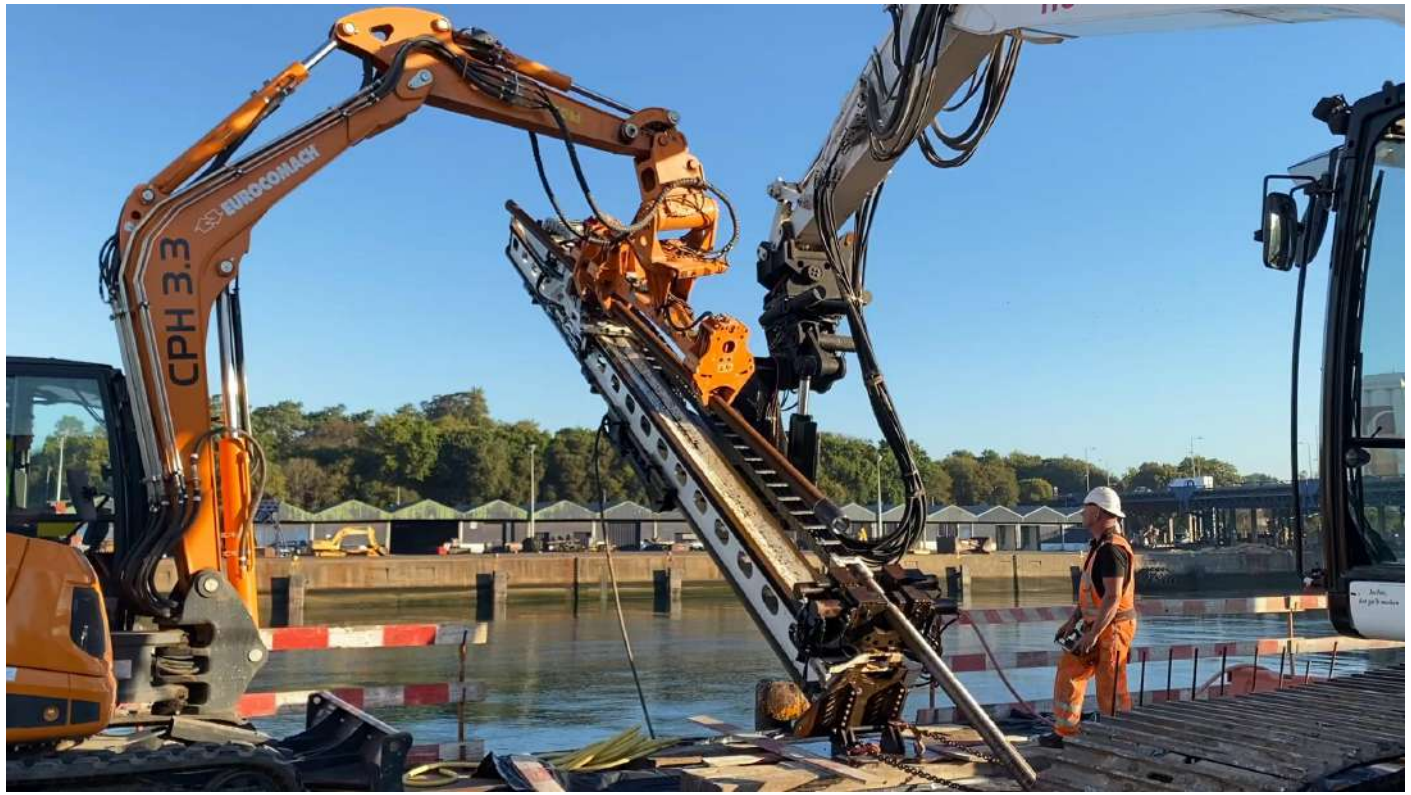
6 cordoalhas
Rd,d=1221 kN

Pré-esforço = 700kN

Processos Construtivos

Barras troços L=3m

Uniões exteriores



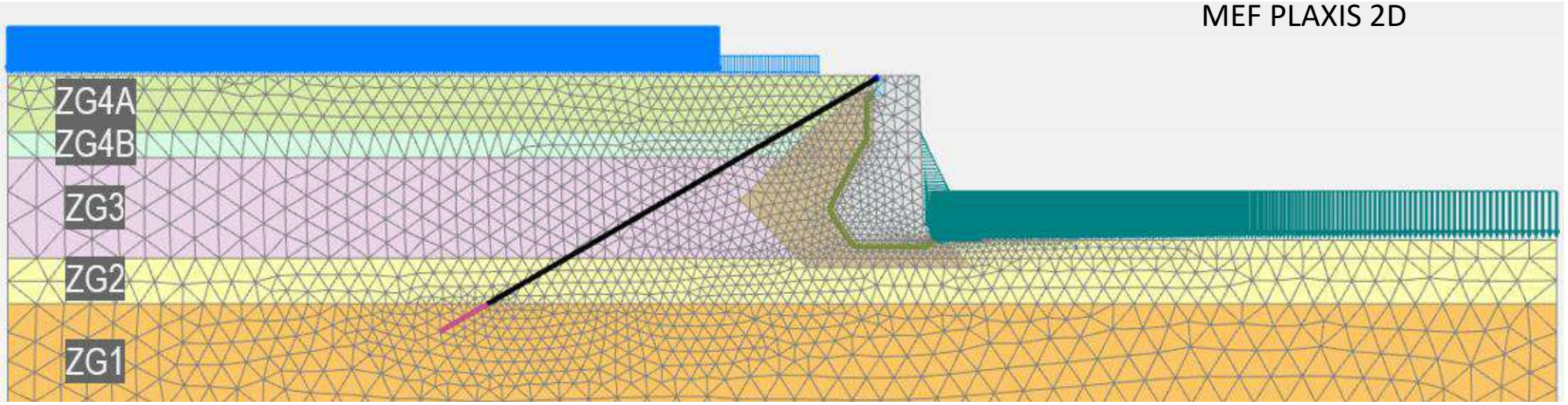
Processos Construtivos

A/C = 0,7 Furação
A/C = 0,4 Selagem

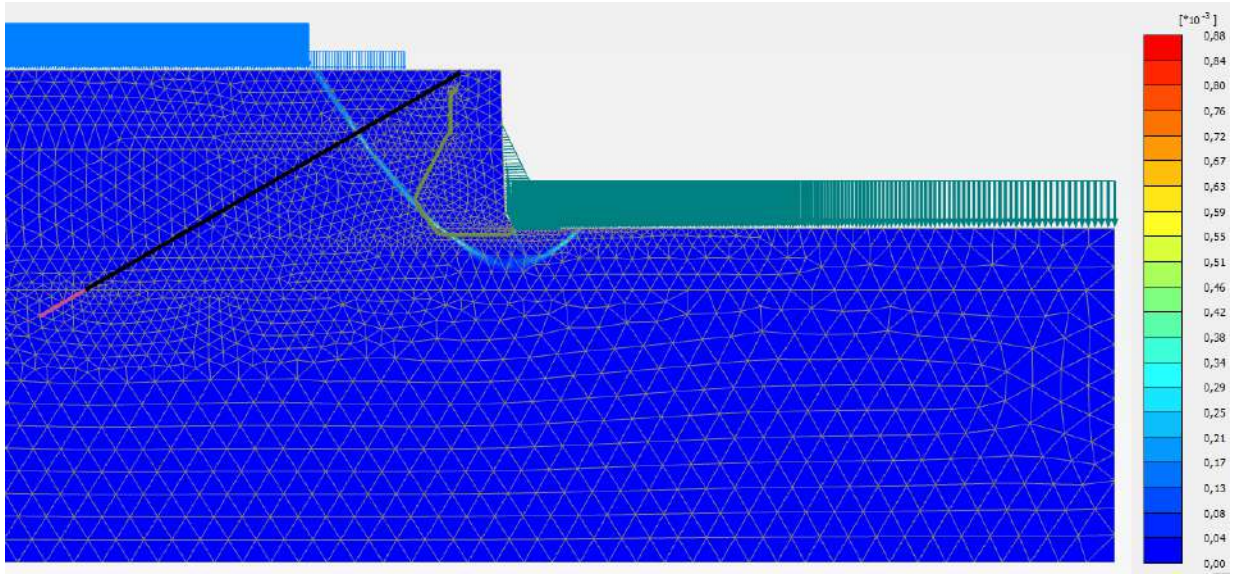
Injeção pressão 5 bar

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO ADOTADA
- **ANÁLISES NUMÉRICAS**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS



Zona Geotécnica	ϕ' (º)	c' (kPa)	E_{50}^{ref} (MPa)	γ_d (kN/m³)	γ_{sat} (kN/m³)
Enrocamento	45	0	57	18	19
ZG4A – Aterro (emerso – compactado)	35	0	50	18	19
ZG4B – Aterro (submerso – não compactado)	30	0	35	18	19
ZG3 - Aluvião	18	10	5	16	17
ZG2 - Areias	38*	0	62	18	19
ZG1 - Maciço Granítico	40	40	100	20	23



MEF PLAXIS 2D
Análise *phi-c reduction*. Tensões deviatóricas

Condições de Segurança Global após Reforço

Verificação à Ação Estática

Verificação à Ação Sísmica

- Dimensionamento Ancoragens:
  - Interface Solo / Calda de Cimento – Método Bustamante
    - Tensão tangencial resistente (Granito) = 350kPa
    - Comprimento de Selagem = 6m
    - Coeficiente de expansibilidade α = 1,2 (sobrecorte de 20mm)
  - Resistência da secção de aço norma EN 1537:1999:
    - Pútil = 700kN
    - 6 cordoalhas de 0,62’’ (fptk=1860 MPa) - Rd,d=1221 kN
    - Pbloc = 756kN

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO ADOTADA
- ANÁLISES NUMÉRICAS
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação

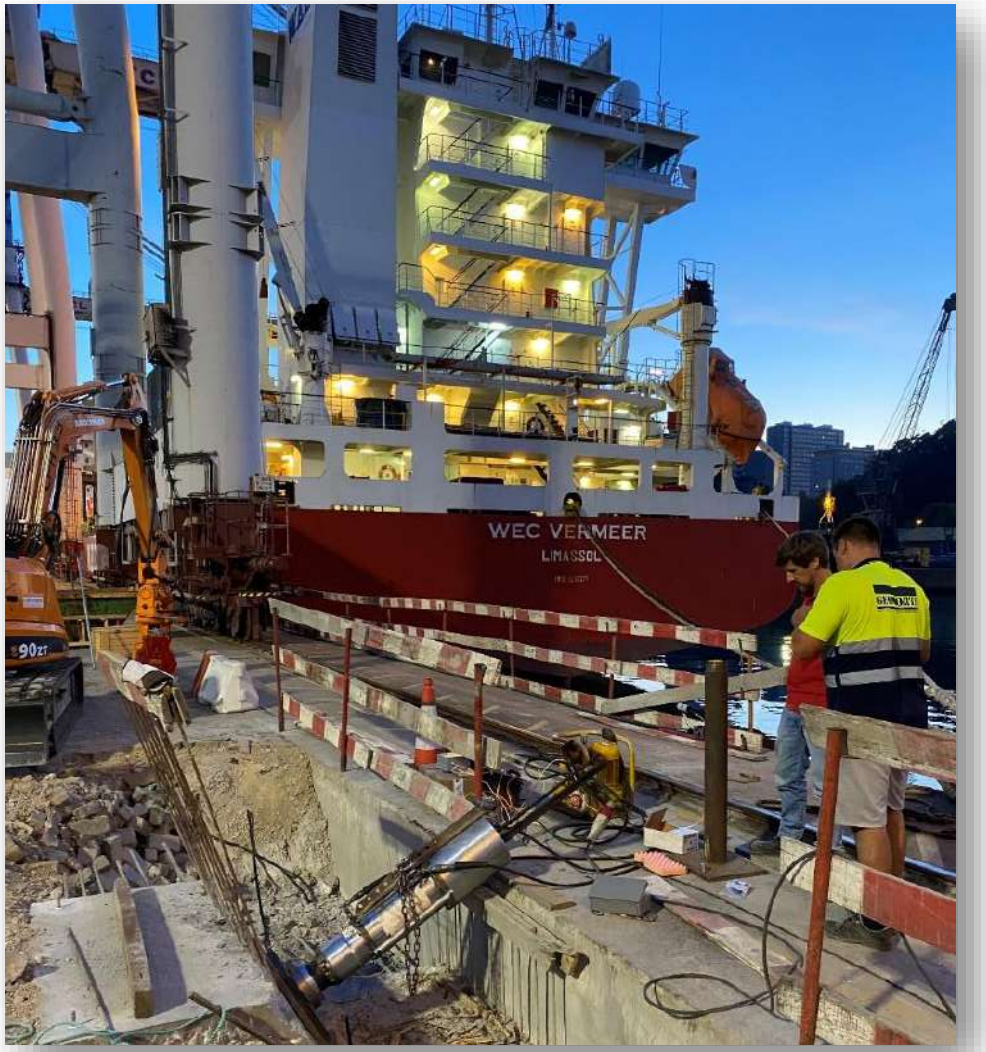
- Células de carga elétricas em ancoragens;
- Marcas topográficas.

Critério	Alerta	Alarme
Deslocamentos horizontais do muro cais	25mm	40mm
Deslocamentos verticais do muro cais	25mm	40mm
Variação de carga nas ancoragens	10%	20%

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÃO ADOTADA
- ANÁLISES NUMÉRICAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Estabilização e Reforço do Muro Cais visando a mitigação dos deslocamentos observados;
- Intervenção com rendimentos elevados e compatível com a funcionalidade do cais;
- Plano de Instrumentação e Observação para acompanhamento do comportamento da obra ao longo da vida útil.



ESTABILIZAÇÃO E REFORÇO DE MURO CAIS NA DOCA N.º4 DO PORTO DE LEIXÕES

QUAY WALL STABILIZATION AND REINFORCEMENT AT N.º4 LEIXÕES HARBOR DOCK

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à APDL-Administração dos Portos do Douro, Leixões e Viana do Castelo, S.A, Dono de Obra, a autorização para divulgação da presente comunicação.

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

ESTABILIZAÇÃO DE ARRIBA E RECONSTRUÇÃO DE ACESSO NA PRAIA DO PENECO, ALGARVE

COASTAL CLIFF STABILIZATION AND ACCESS STAIR RECONSTRUCTION AT PENECO BEACH, ALGARVE

Catarina Fartaria [a], Alexandre Pinto [a], Jorge Dinis[b], Pedro Nunes[b], Mónica Silva [c]

[a] JETsj, Geotecnia

[b] Teixeira Duarte

[c] Câmara Municipal de Albufeira

ÍNDICE

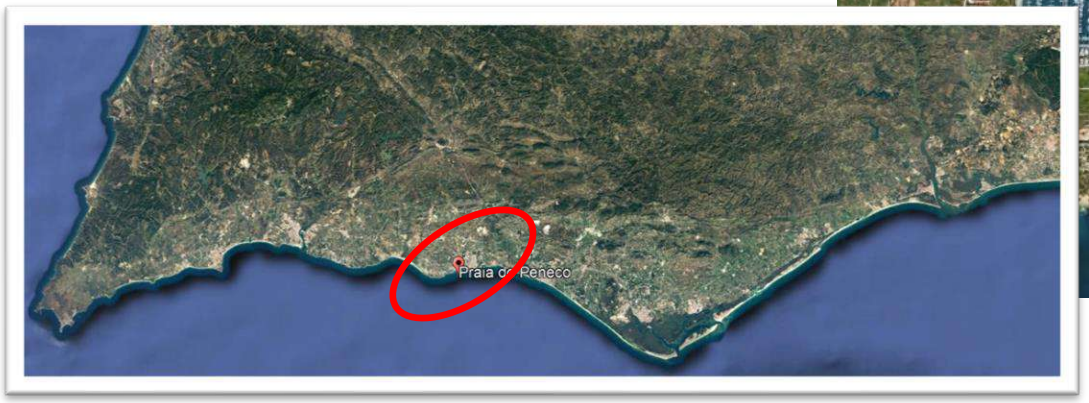
- INTRODUÇÃO
- SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Localização

- Albufeira
- Praia do Peneco



- Arriba Costeira Natural
- Escadaria de Acesso à praia

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Situação de Referência

- Arriba Costeira
  - Risco geológico natural;
  - Exposição atmosférica;
  - Risco agravado pela elevada exposição.

Situação de Referência

- Arriba Costeira
  - Queda de blocos;
  - Erosão diferencial;
  - Fissuração no topo paralela à arriba;
  - Zonas previamente estabilizadas com patologias.

Situação de Referência

- Arriba Costeira

Situação de Referência

- Arriba Costeira

Situação de Referência

- Escadaria
  - Patologias estruturais;
  - Deficientes condições de fundação;
  - Basculamento de muros;
  - Fendas de tração pavimentos.

Situação de Referência

- Escadaria

Situação de Referência

- Escadaria

Situação de Referência

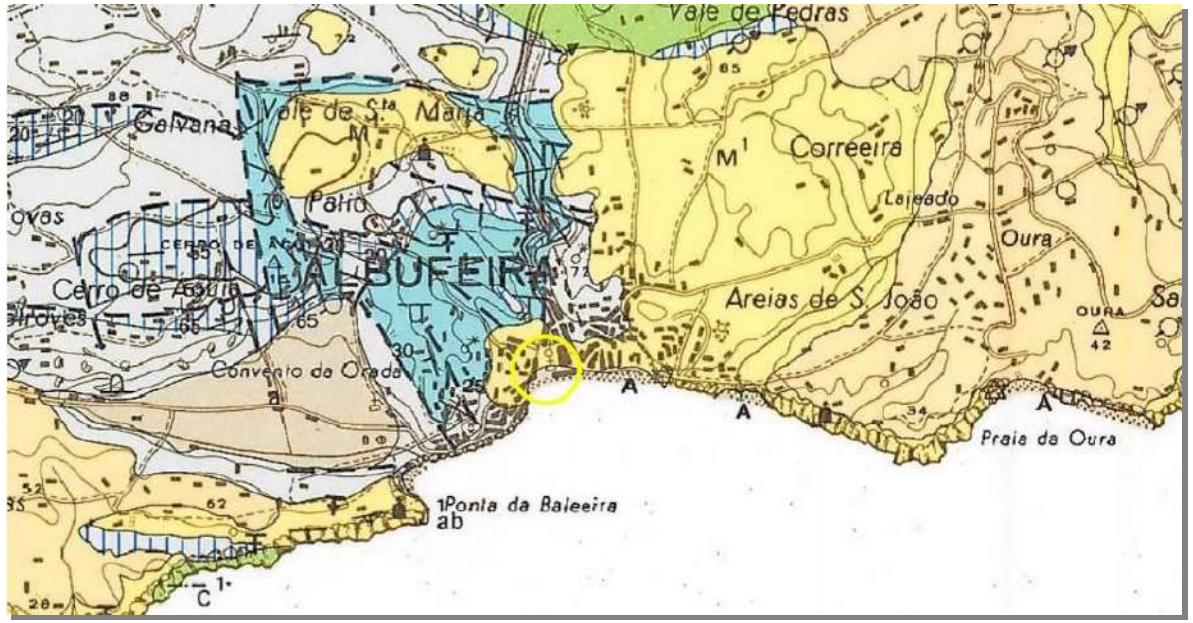
- Escadaria

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA
- **PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS**
- SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

- Carta Geológica Portugal
  - Rochas carbonatadas Miocénico



Extrato da carta geológica de Portugal, folha 52-B, Albufeira

Condicionamentos Geológico-Geotécnicos

- Observação *in-situ*
  - Arenitos finos;
  - Siltitos rijos e compactos;
  - Bancadas intercaladas com horizontes de siltes e argilas;
  - Fraturas medianamente afastadas a próximas (F3-F4);
  - Permeabilidade do tipo fissural.

Condicionamentos

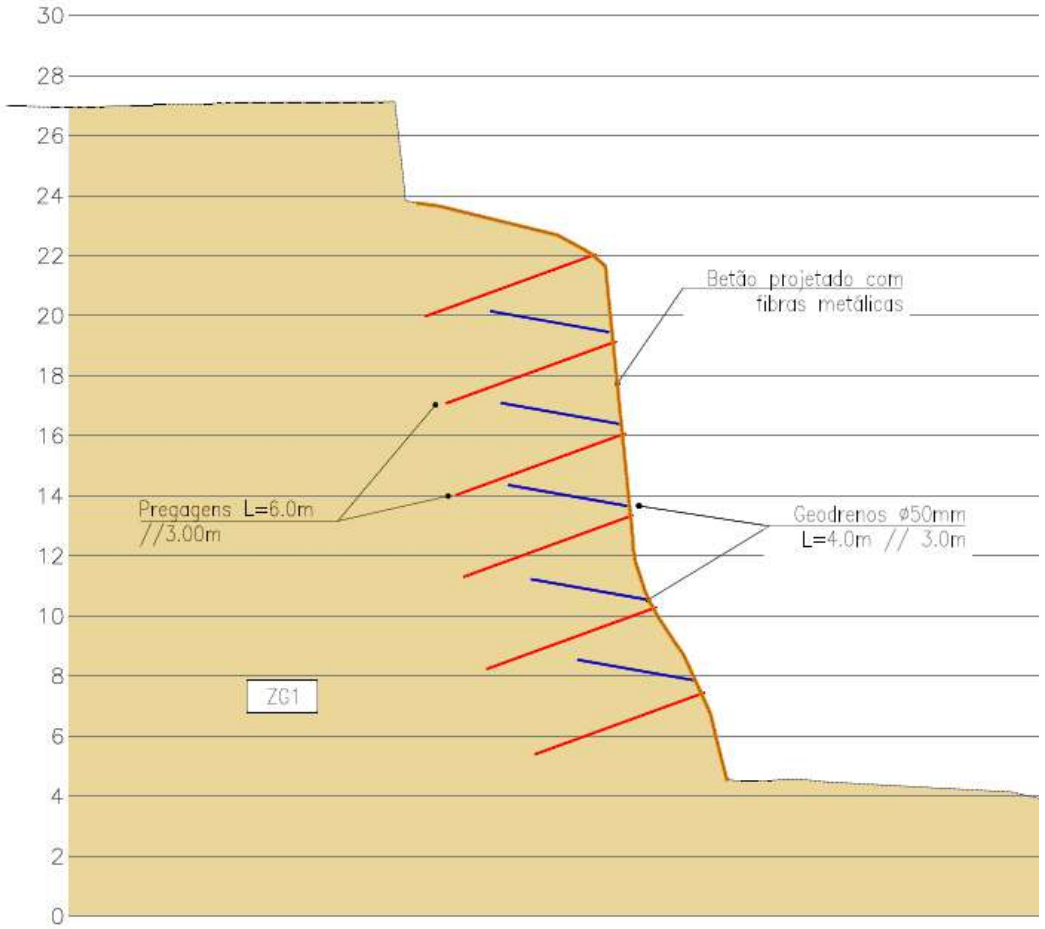
- Trabalhos em altura (~20m);
- Equipamentos ligeiros operáveis em bailéu a partir de grua móvel;
- Necessidade de instalação de novo sistema de drenagem;
- Assegurar adequado enquadramento paisagístico e arquitetónico.

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

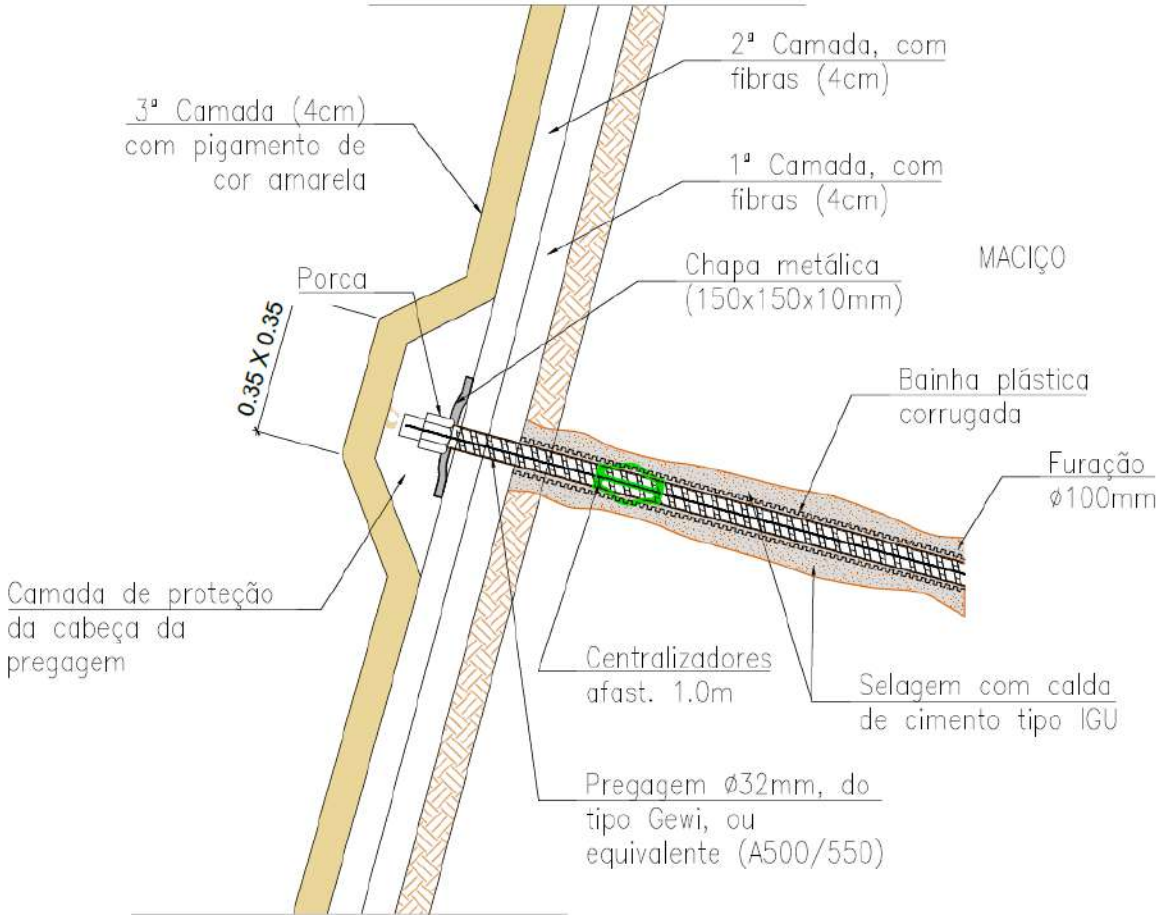
Estabilização Arriba

- Pregagens Φ36mm A500/550 galvanizadas;
- L=6m e malha 3,0m(V) x 3,0m(H);
- Revestimento em betão projetado armado com fibras metálicas;

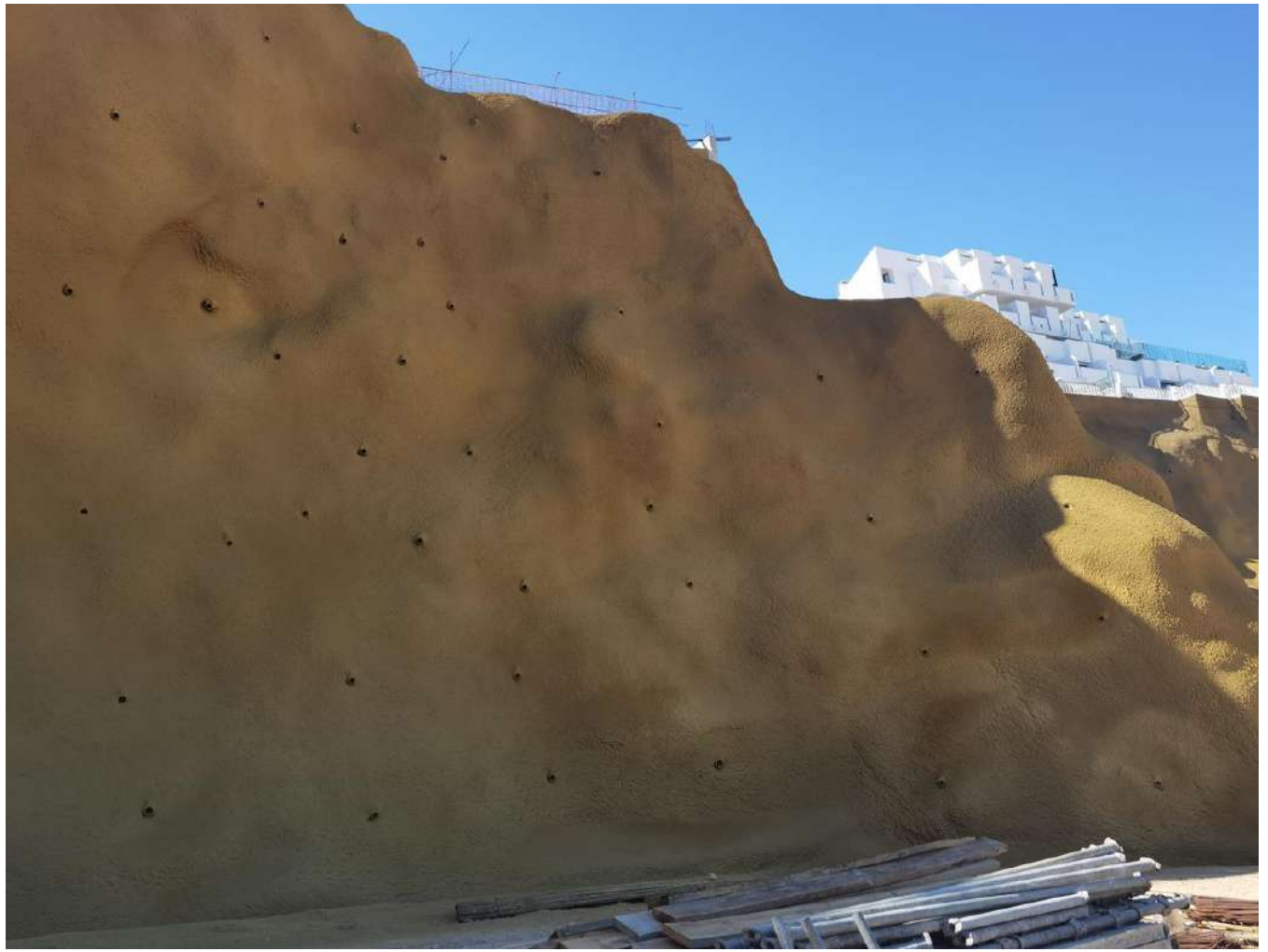


Estabilização Arriba

- Pregagens Φ36mm A500/550 galvanizadas;
- L=6m e malha 3,0m(V) x 3,0m(H);
- Revestimento em betão projetado armado com fibras metálicas;
- Terceira camada sem fibras e com pigmento de cor amarela;
- Geodrenos.

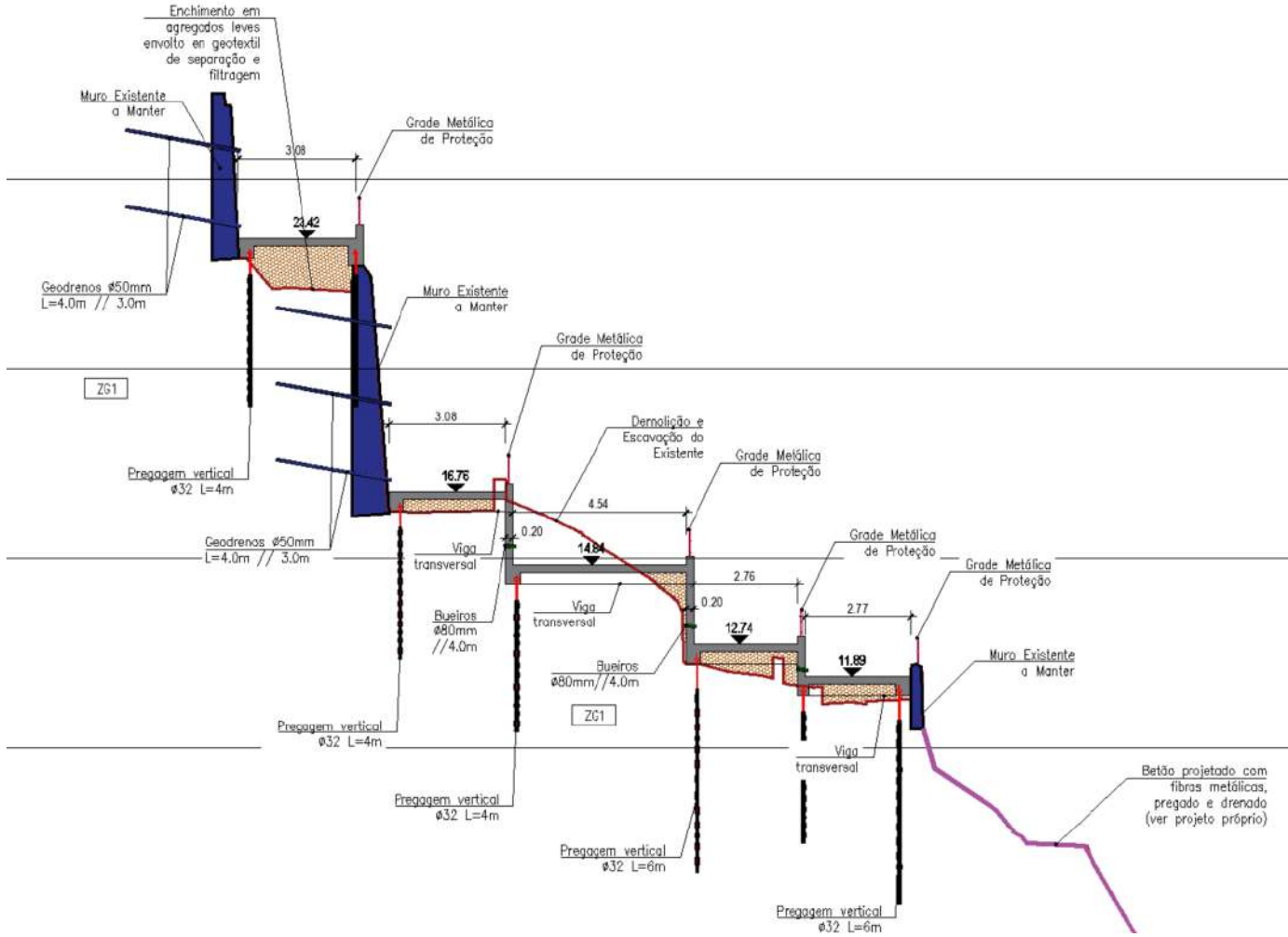


Estabilização Arriba

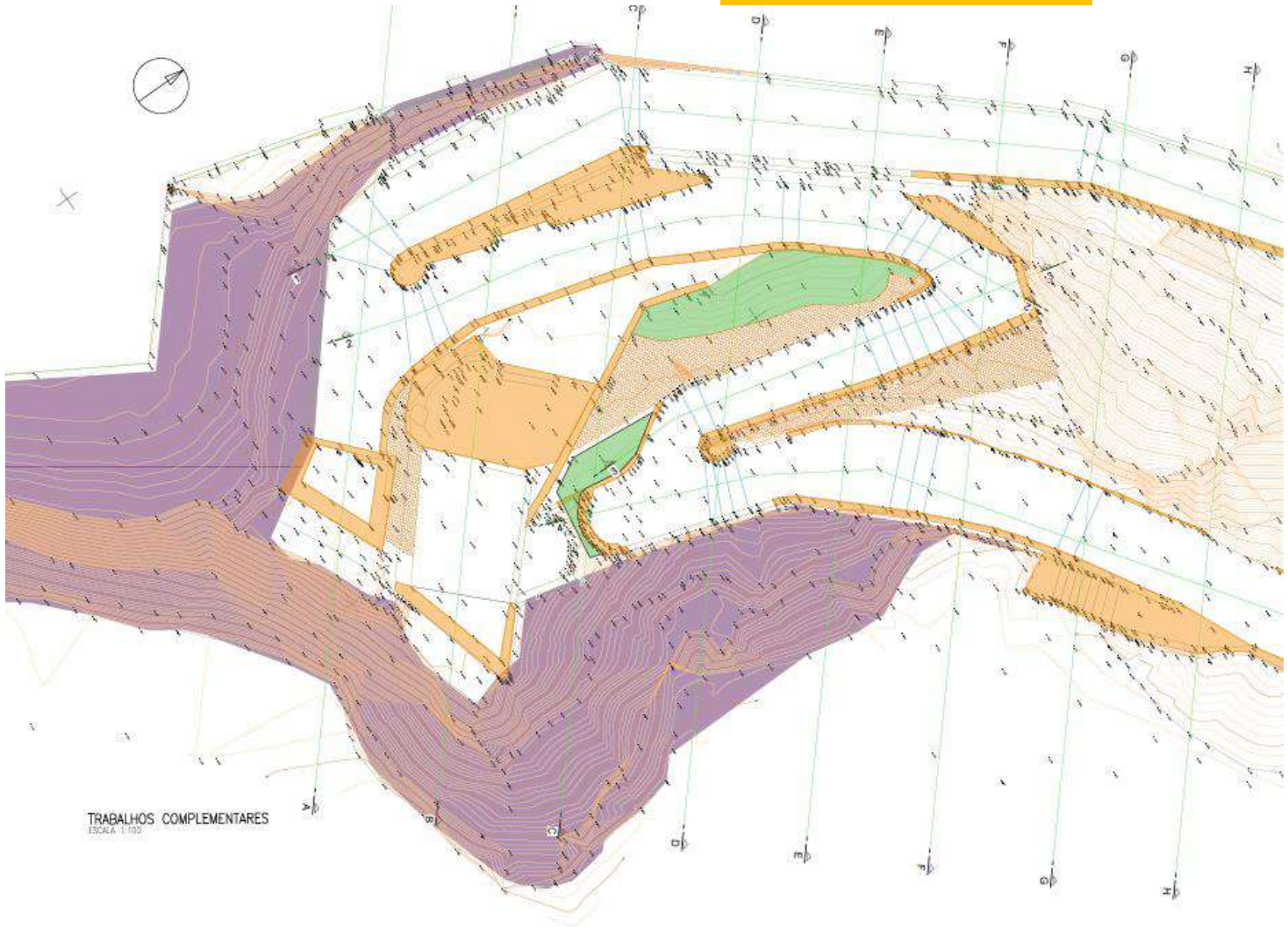


Reconstrução Escadaria

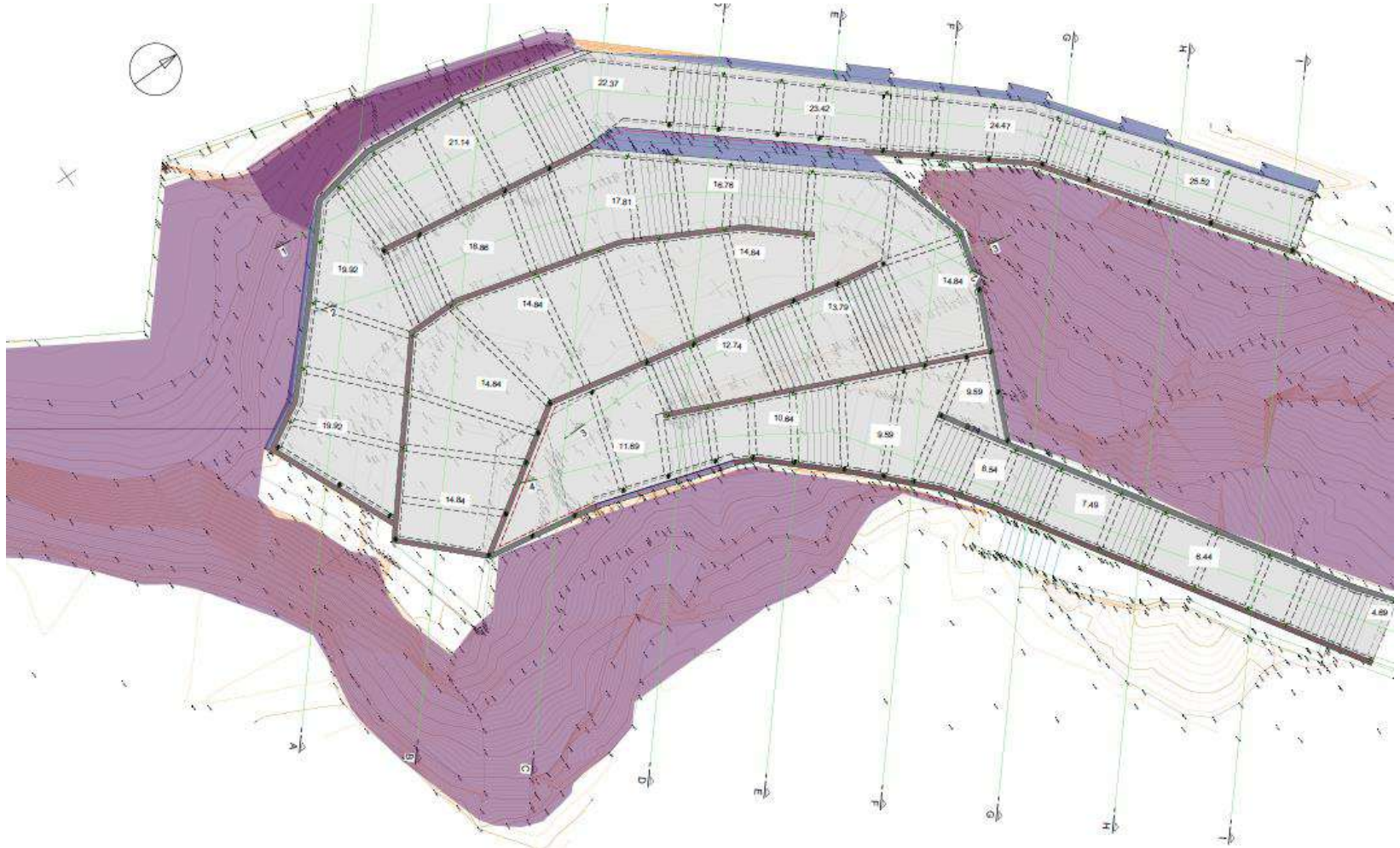
- Nova escadaria executada sobre a existente;
- Patamares, escadas e muros em betão armado;
- Fundação em pregagens;
- Enchimento com agregados leves;
- Sistema de drenagem sob a escadaria;



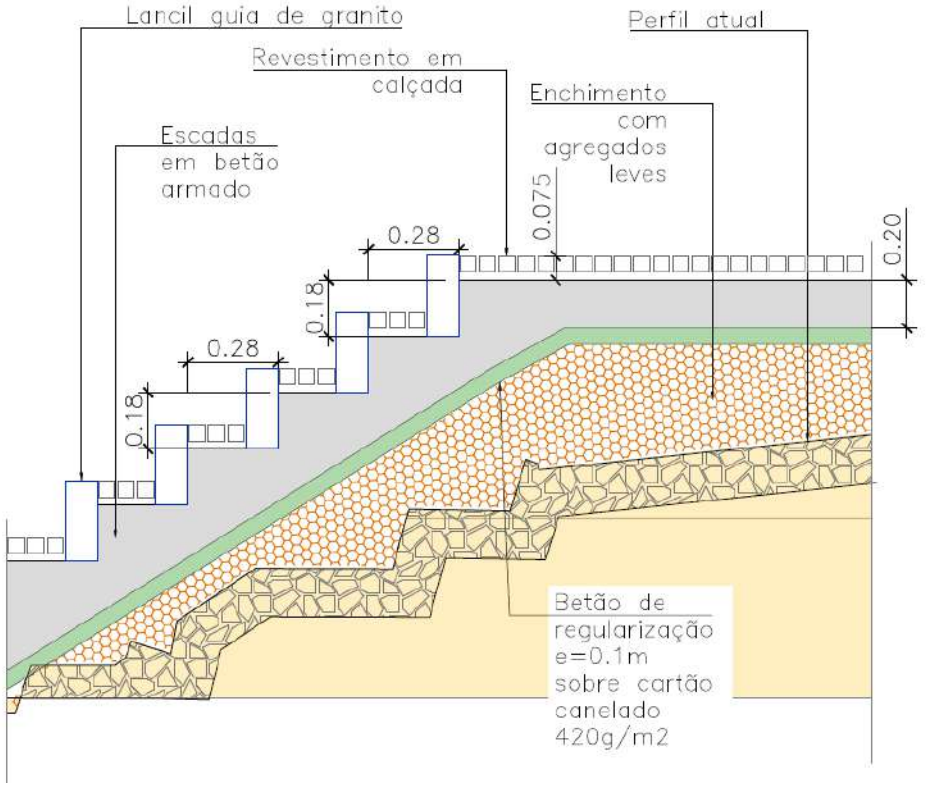
Reconstrução Escadaria



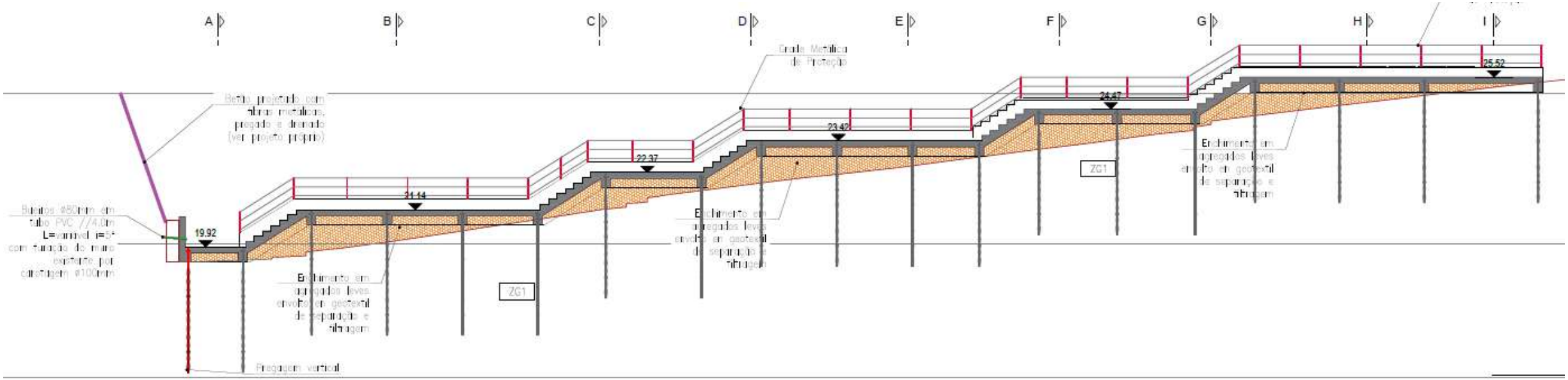
Reconstrução Escadaria



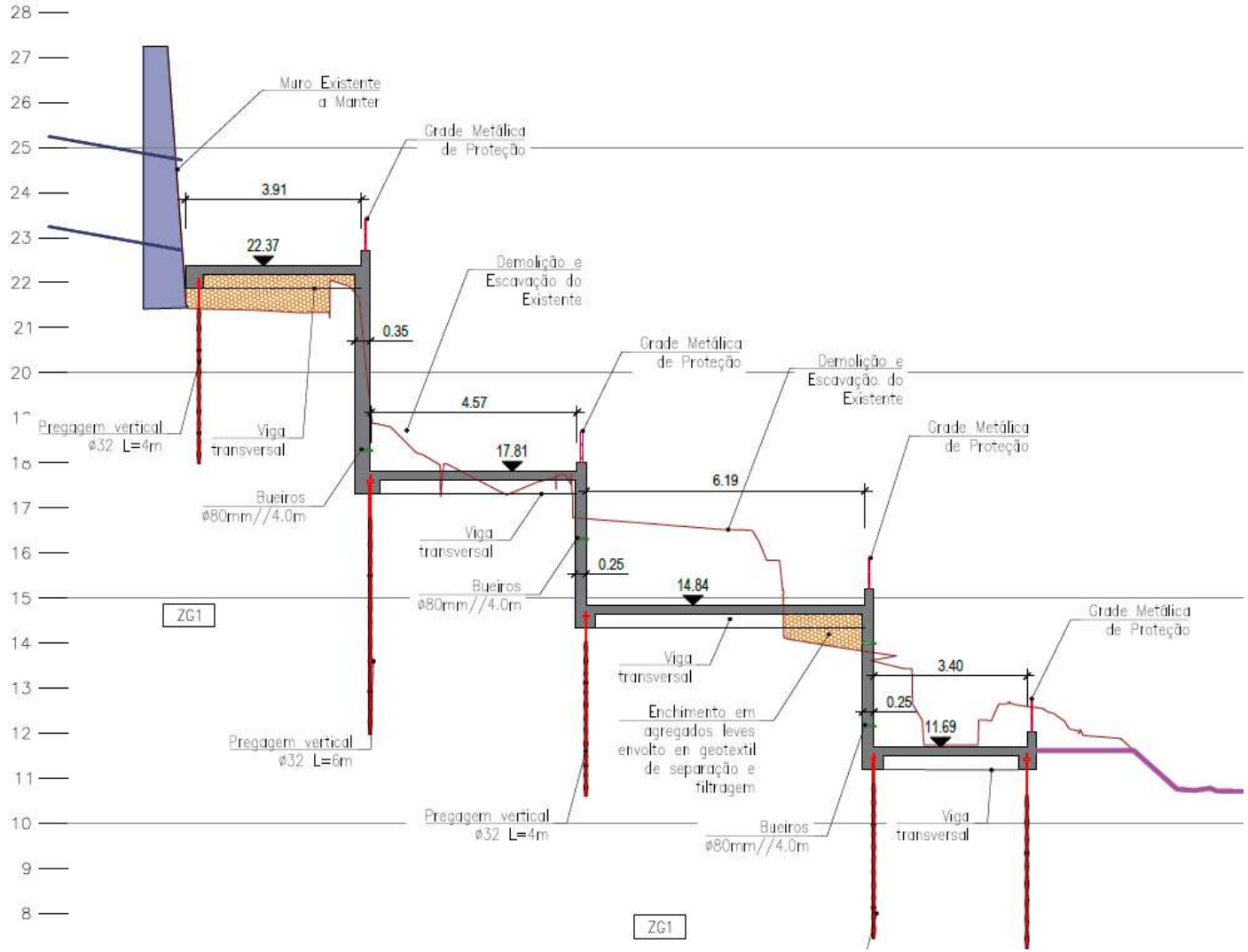
Reconstrução Escadaria



Reconstrução Escadaria



Reconstrução Escadaria



Reconstrução Escadaria

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Plano de Instrumentação e Observação

- Inclinómetros;
- Alvos topográficos.

- Cobertura fotográfica da arriba posterior à realização da intervenção, com o objetivo de definir uma situação de referência inicial;
- Realização periódica de cobertura fotográfica de forma análoga à registada para a situação inicial de referência, de forma a facilitar a sua comparação e a deteção de eventuais alterações;
- Leitura periódica dos inclinómetros instalados no topo da arriba e alvos topográficos;
- Inspeção periódica dos sistemas de drenagem instalados e verificação do seu estado de funcionamento e de conservação.

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES IMPLEMENTADAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Mitigação do risco no acesso à praia e na base da arriba;
- Adequado enquadramento paisagístico e arquitetónico;
- Importância da implementação do Plano de Instrumentação e Observação.

ESTABILIZAÇÃO DE ARRIBA E RECONSTRUÇÃO DE ACESSO NA PRAIA DO PENECO, ALGARVE

COASTAL CLIFF STABILIZATION AND ACCESS STAIR RECONSTRUCTION AT PENECO BEACH, ALGARVE

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Câmara Municipal de Albufeira, Dono de Obra, a autorização para divulgação da presente comunicação.

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

Soluções de fundações em obras localizadas perto do rio Trancão, em Lisboa

Inês Braz [a], Alexandre Pinto [b], Nuno Braz da Silva [c], Carlos Simões [d], Tiago Gomes [e], Carlos Caxias [f]

[a,b,c] JETsj Geotecnia Lda

[d] Oliveiras S.A

[e] Geosol S.A

[f] ANP Systems

ÍNDICE

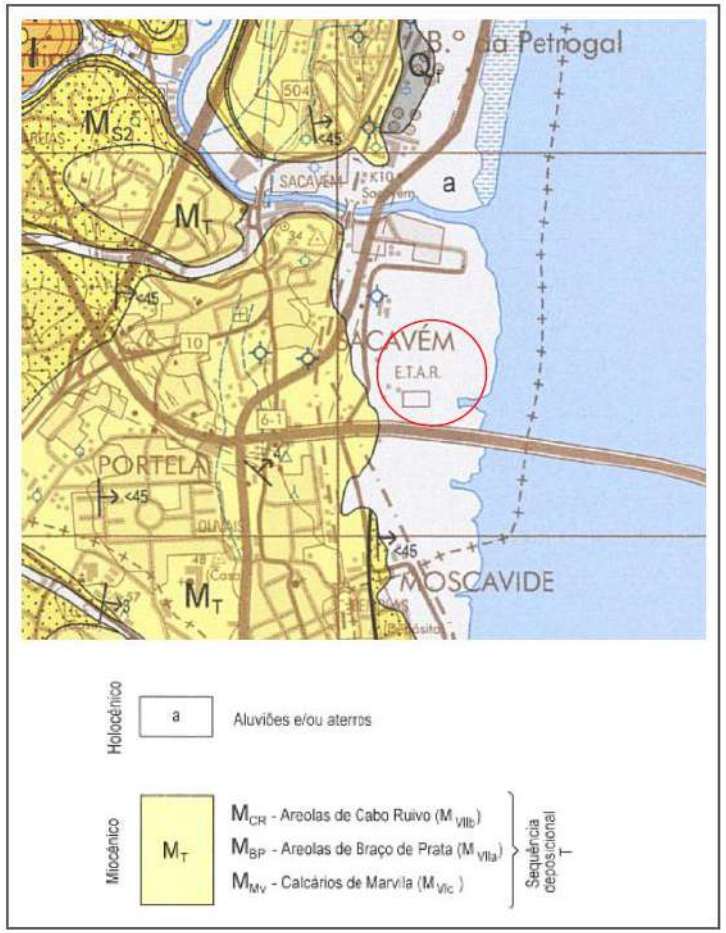
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- PLANO DE INTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO)
- ENSAIOS DE CARGA DAS MICROESTACAS CRAVADAS
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Rio Trancão
Palco Principal
Rio Tejo
Ponte Vasco da Gama
A30
N10
N6-1
E90

ÍNDICE

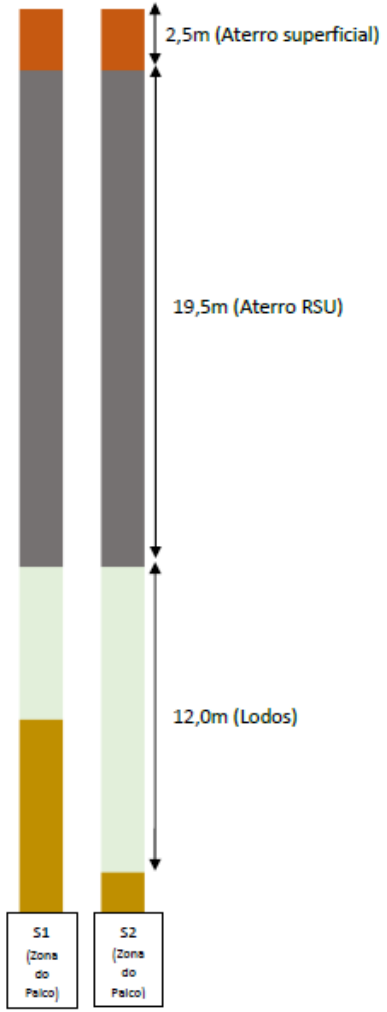
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- PLANO DE INTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO)
- ENSAIOS DE CARGA DAS MICROESTACAS CRAVADAS
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

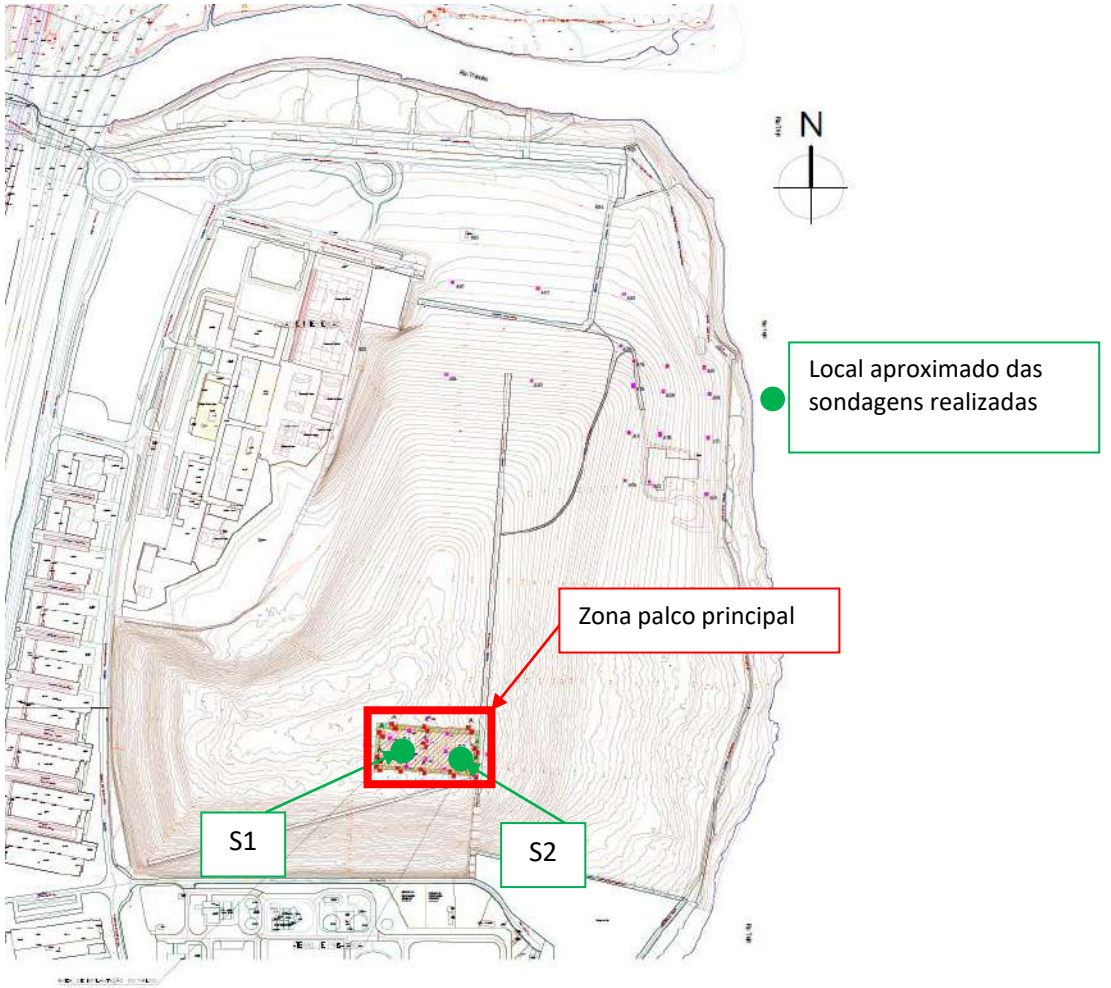
CONDICIONAMENTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS



PROSPEÇÃO REALIZADA

- 2 sondagens:
  - com recolha de amostra;
  - ensaios SPT;
  - Ensaio rotativo “Vane Test”





OUTROS CONDICIONAMENTOS

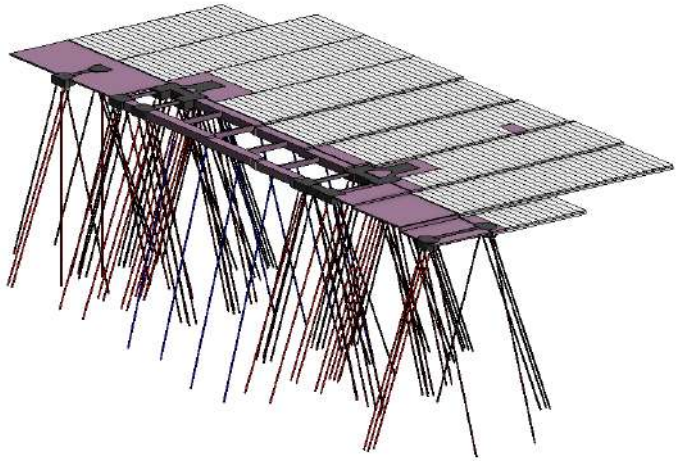
- Caracter provisório da estrutura → Fácil desmontagem
- Tempo disponível para execução da obra → Rápida execução
- Existência de geomembrana de proteção do aterro → Recurso a soluções menos intrusivas

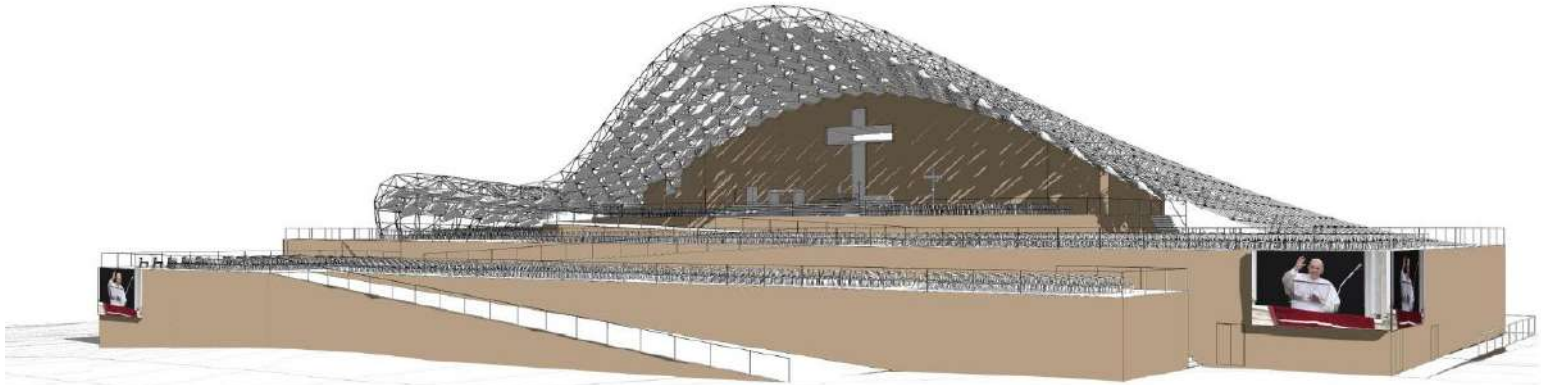
ÍNDICE

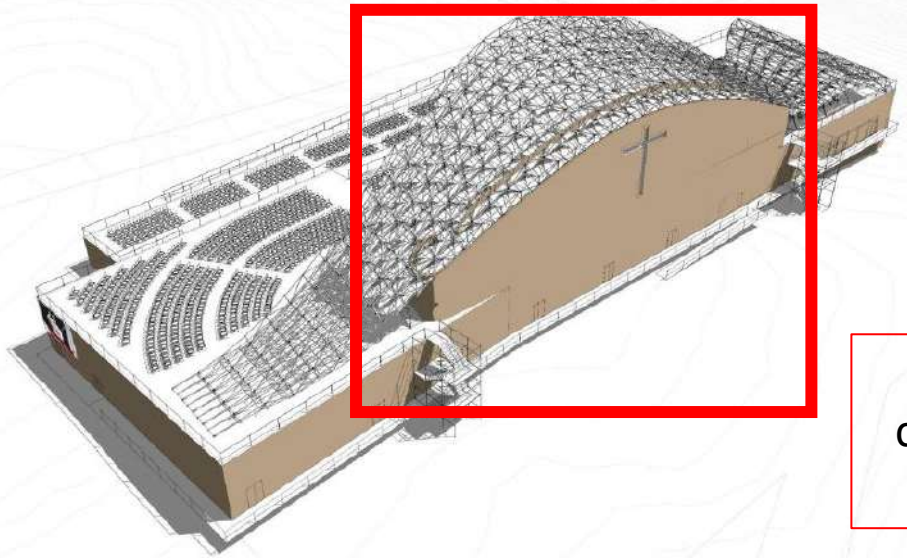
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- PLANO DE INTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO)
- ENSAIOS DE CARGA DAS MICROESTACAS CRAVADAS
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Pressuposto de dimensionamento: $50\text{kN}/m^2$

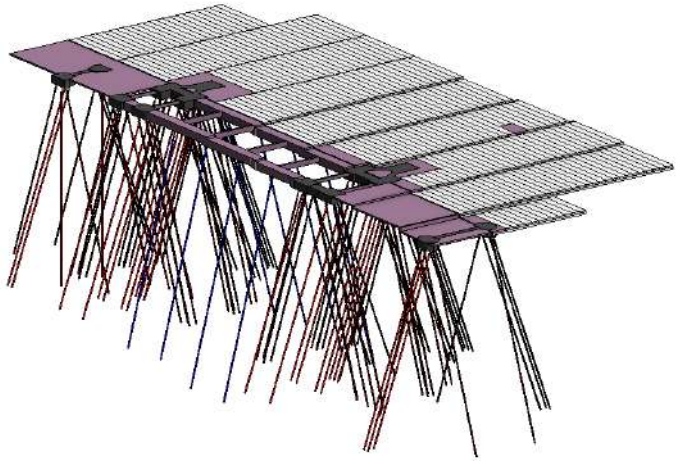
$$3{,}20m \times 20\text{kN}/m^3 = 64\ \text{kN}/m^2$$

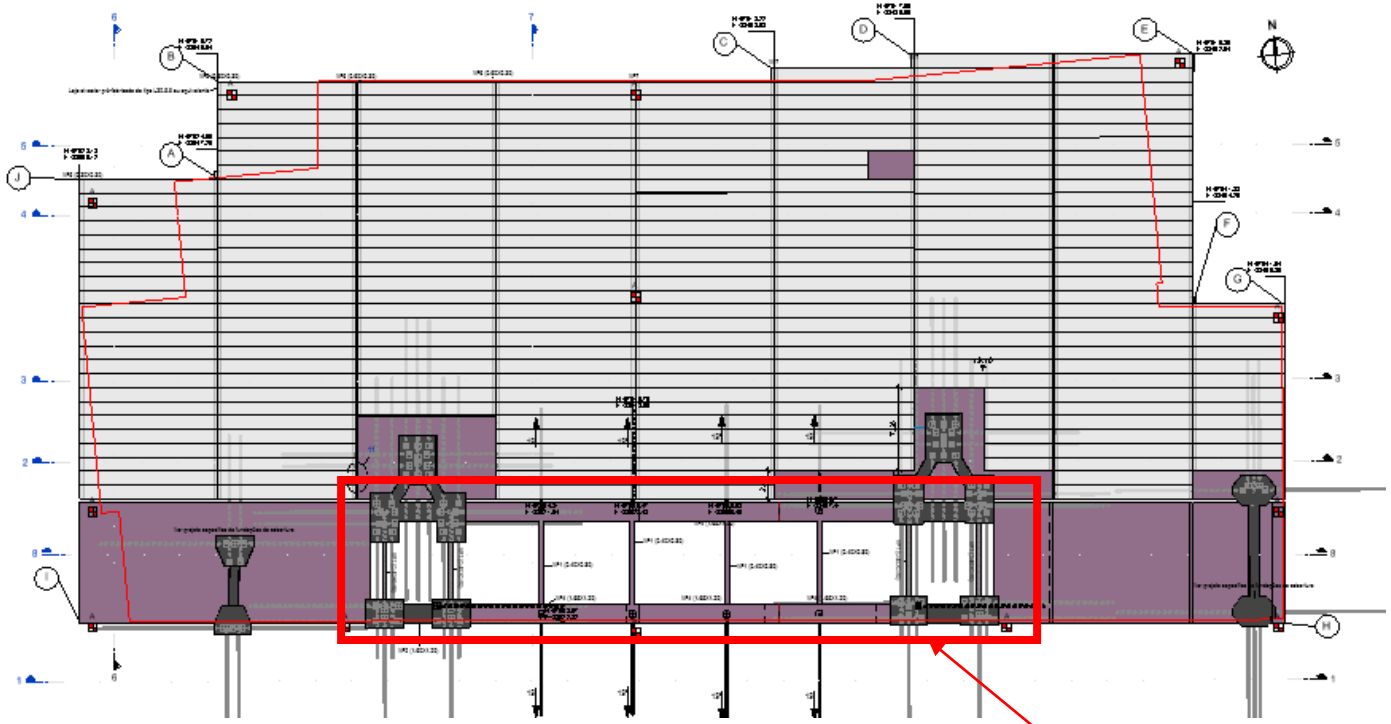




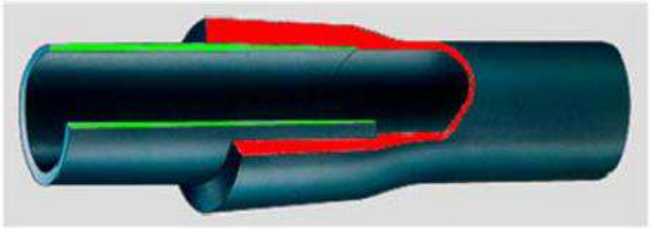


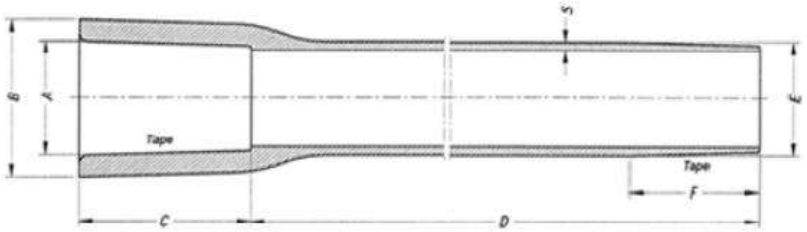
Zona com cargas mais elevadas

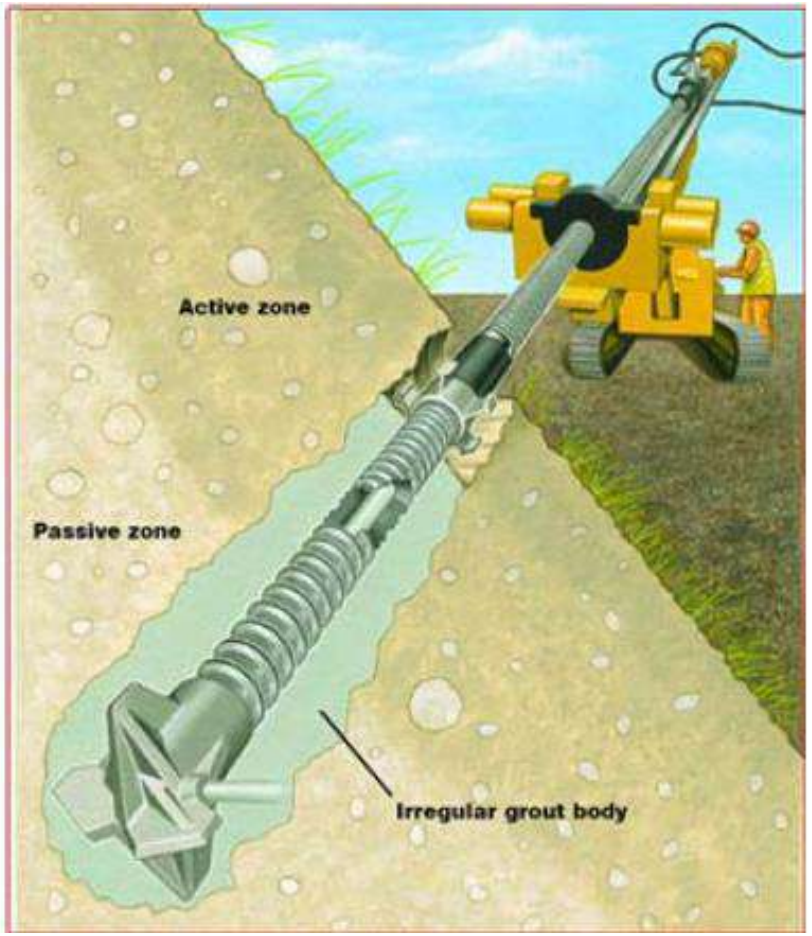




Fundação Indireta







SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO INDIRETA (PALCO)

- Microestacas cravadas por via seca - Ø170X7,5mm, reforçadas com 3Ø32

SOLUÇÃO DE FUNDAÇÃO INDIRETA (COBERTURA)

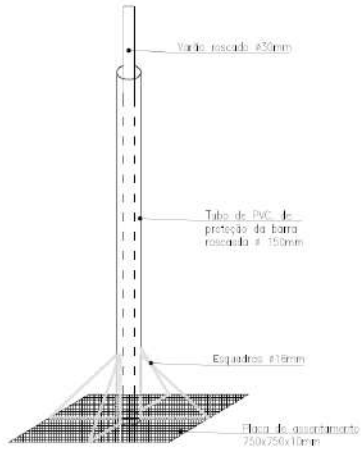
- Microestacas cravadas por via seca - Ø170X7,5mm, reforçadas com autoperfurante com 64mm e bit perdido de 135mm no interior, selada 10m no Miocénico.

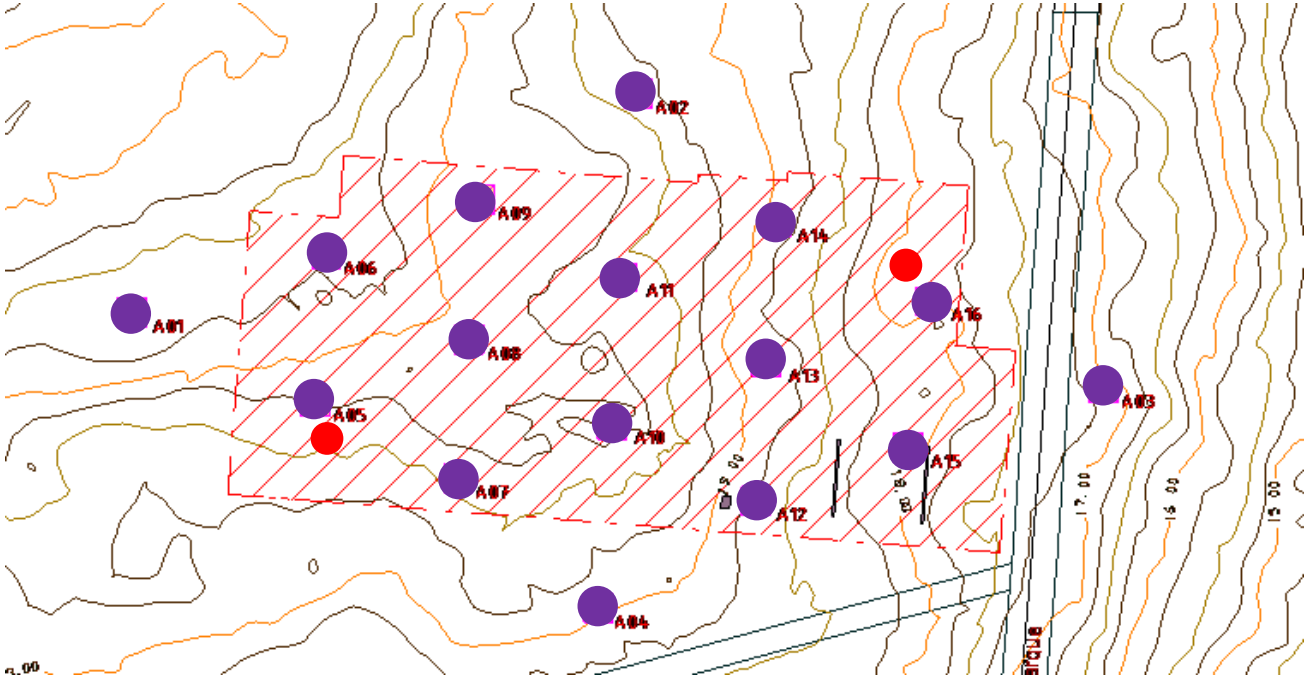
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **PLANO DE INTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO)**
- ENSAIOS DE CARGA DAS MICROESTACAS CRAVADAS
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

APARELHOS INSTALADOS

- Marcas de assentamento (16 unidades);
- Extensómetros (2 unidades)

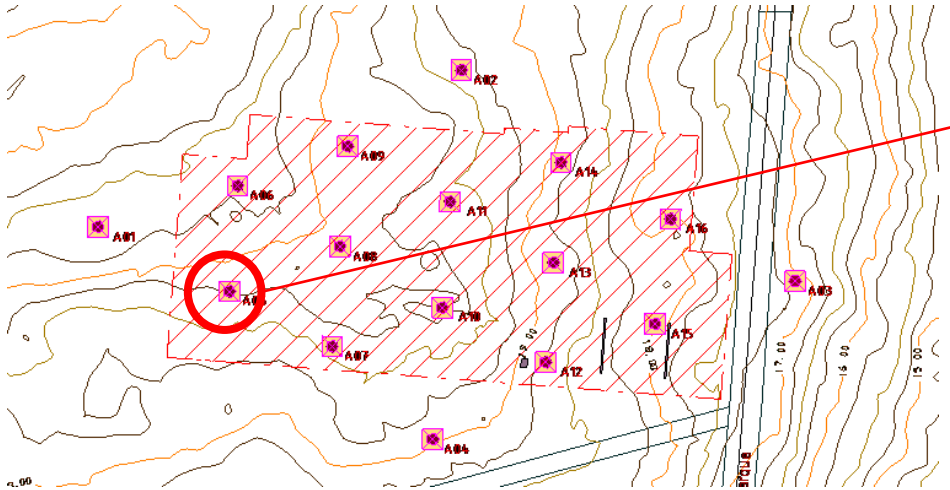


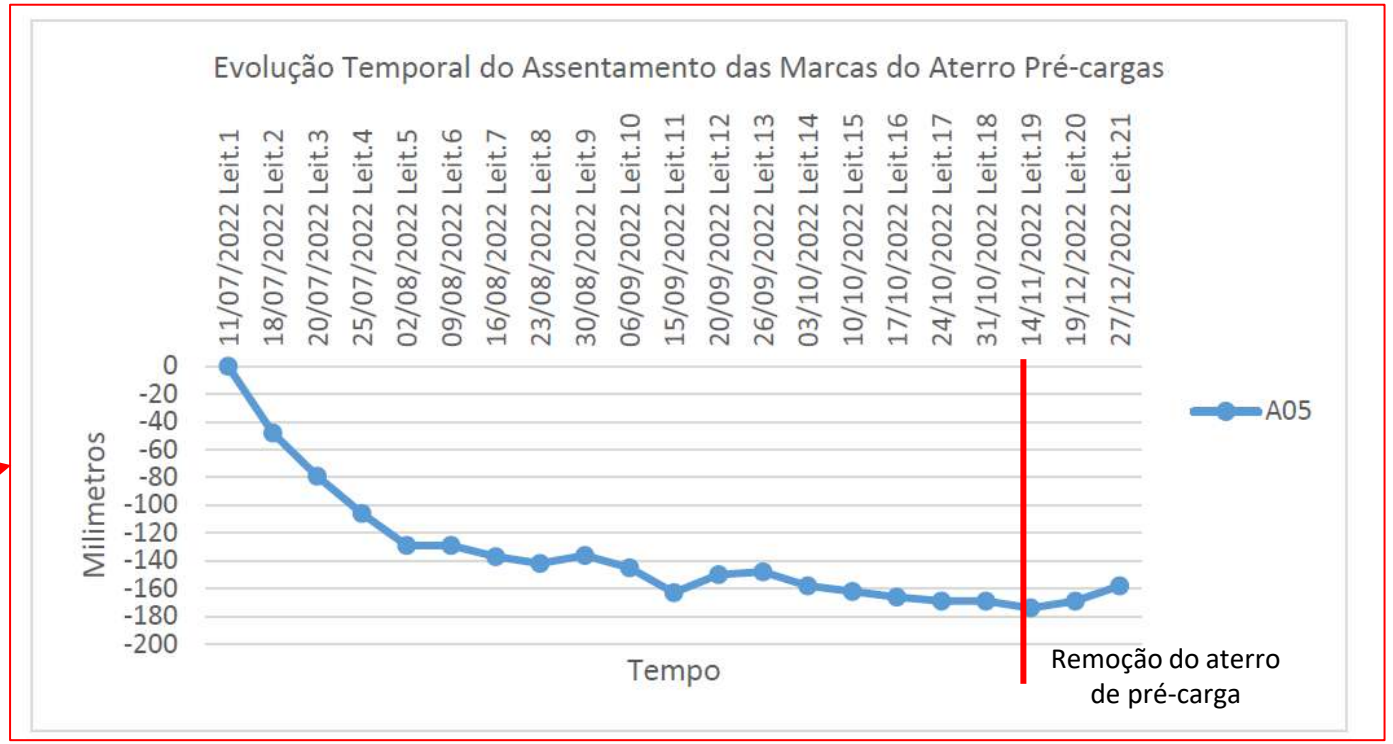


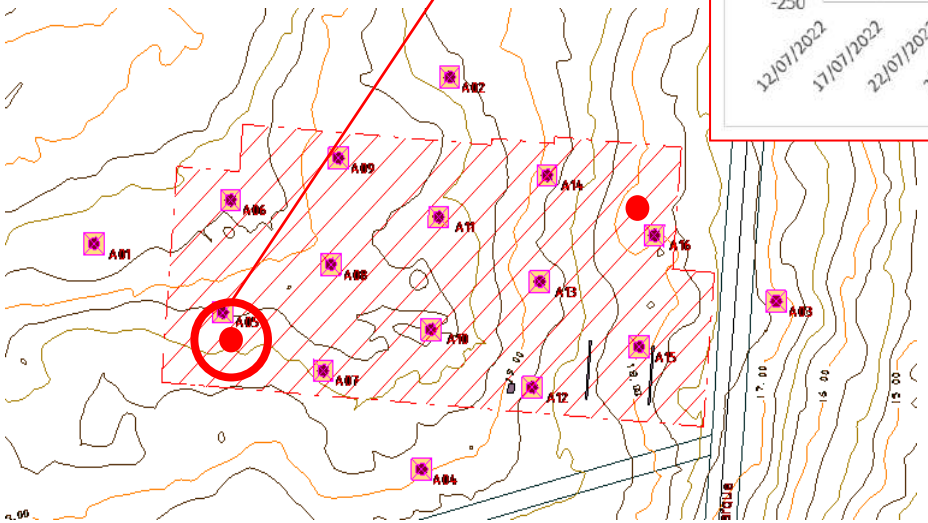
Extensómetros

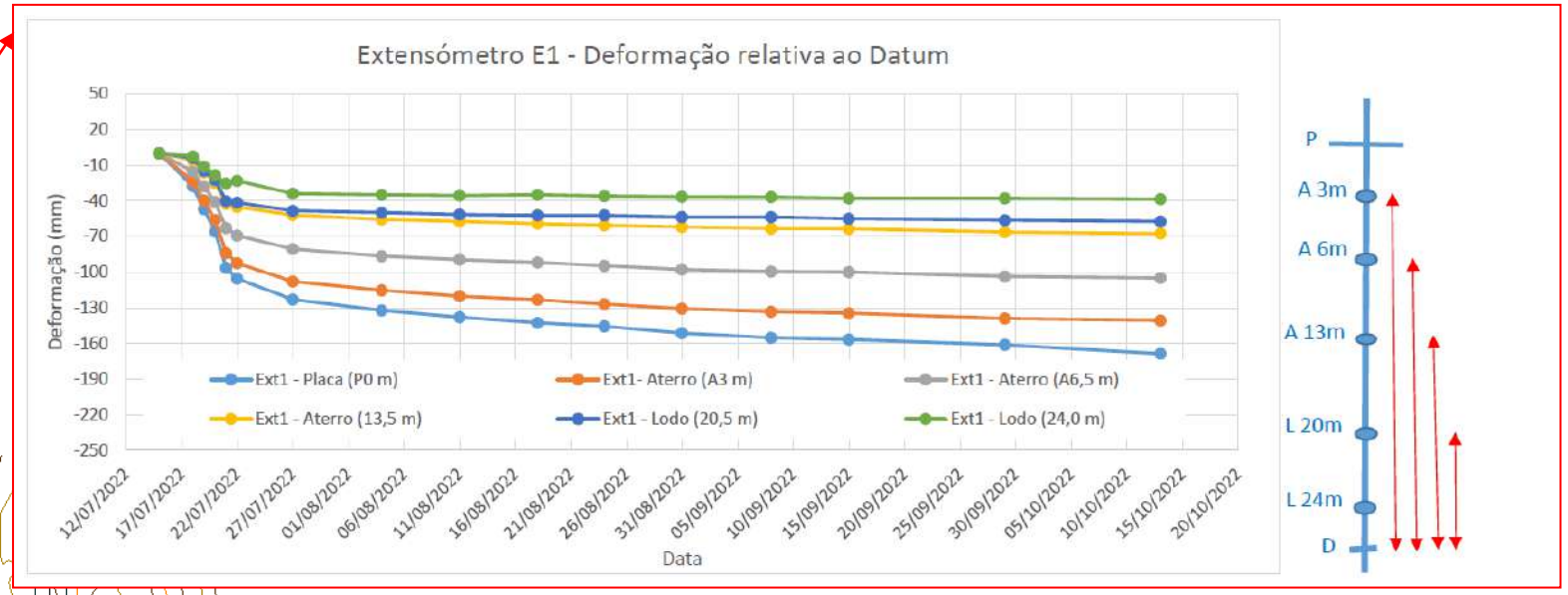
Marcas de assentamento

- Em 3 meses:
  - 18cm de assentamento



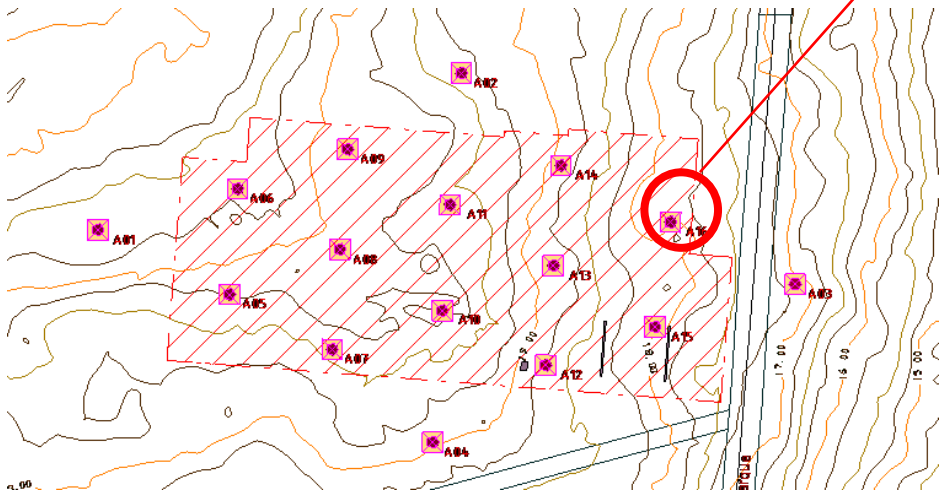


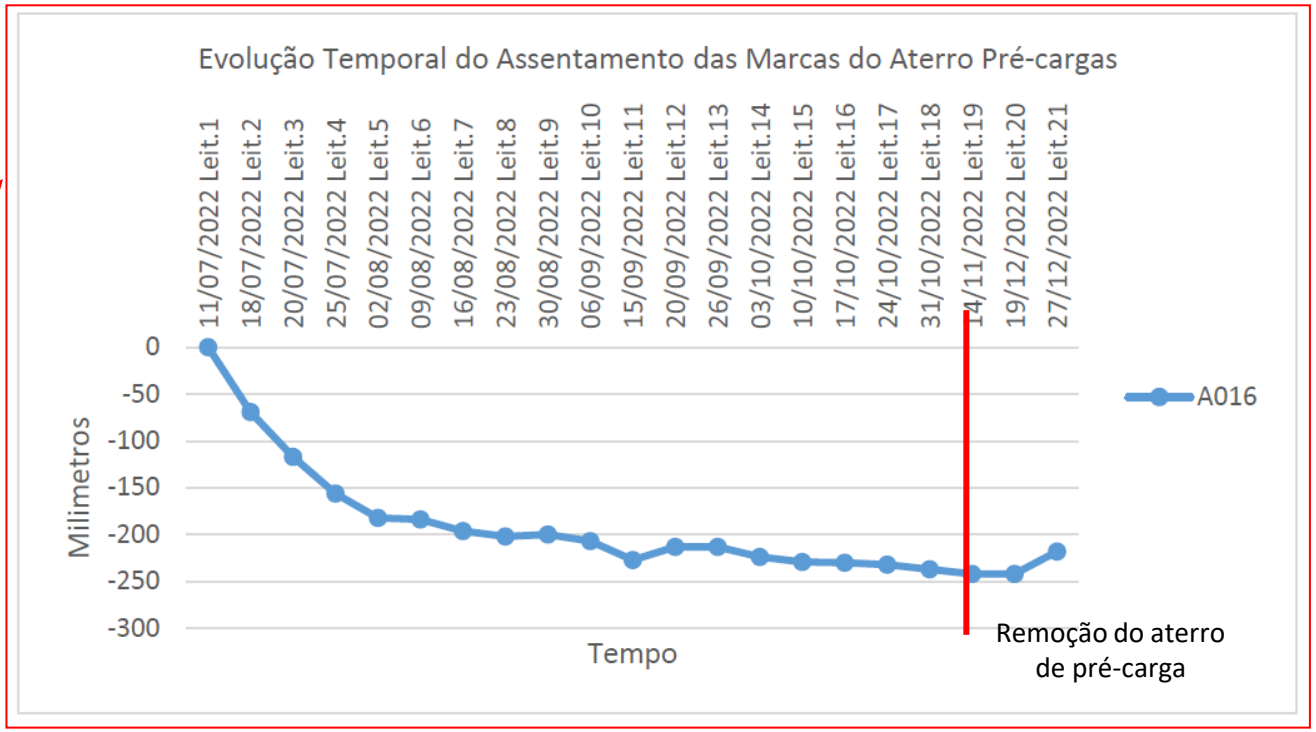


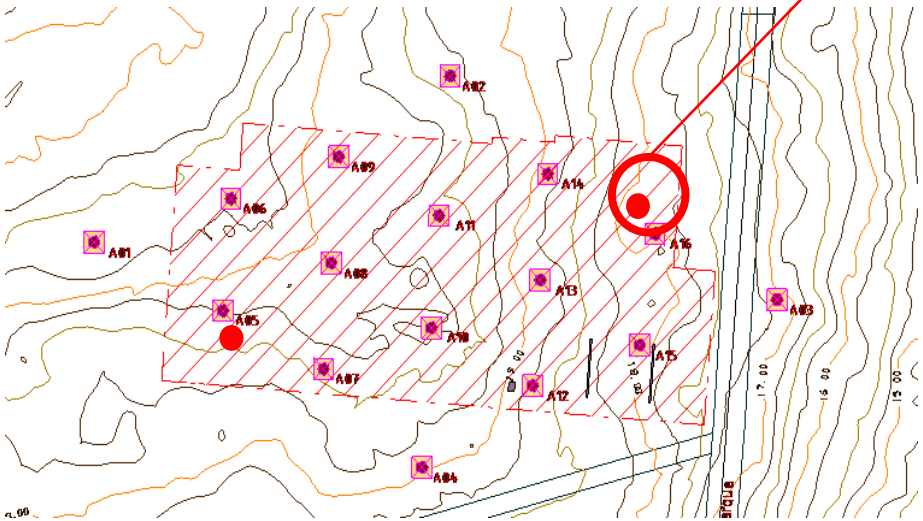


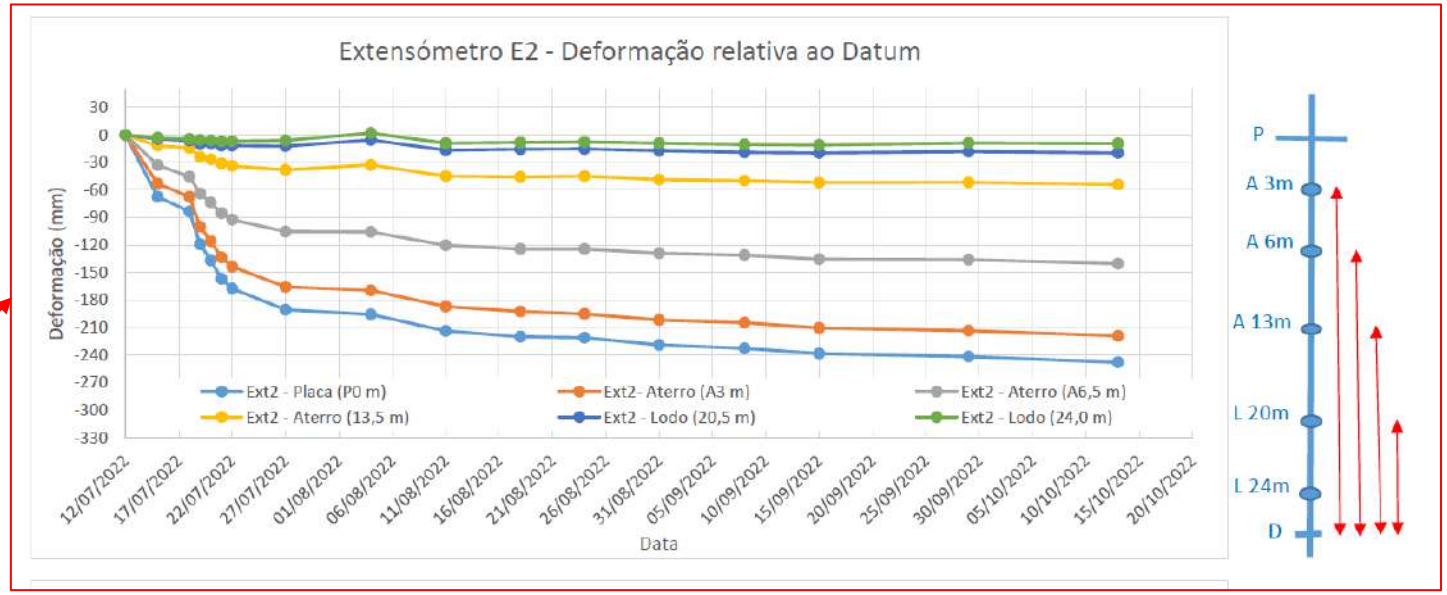
- A maior deformação ocorre na zona superficial do aterro sendo progressivamente menor em profundidade

- Em 3 meses:
  - 25cm de assentamento









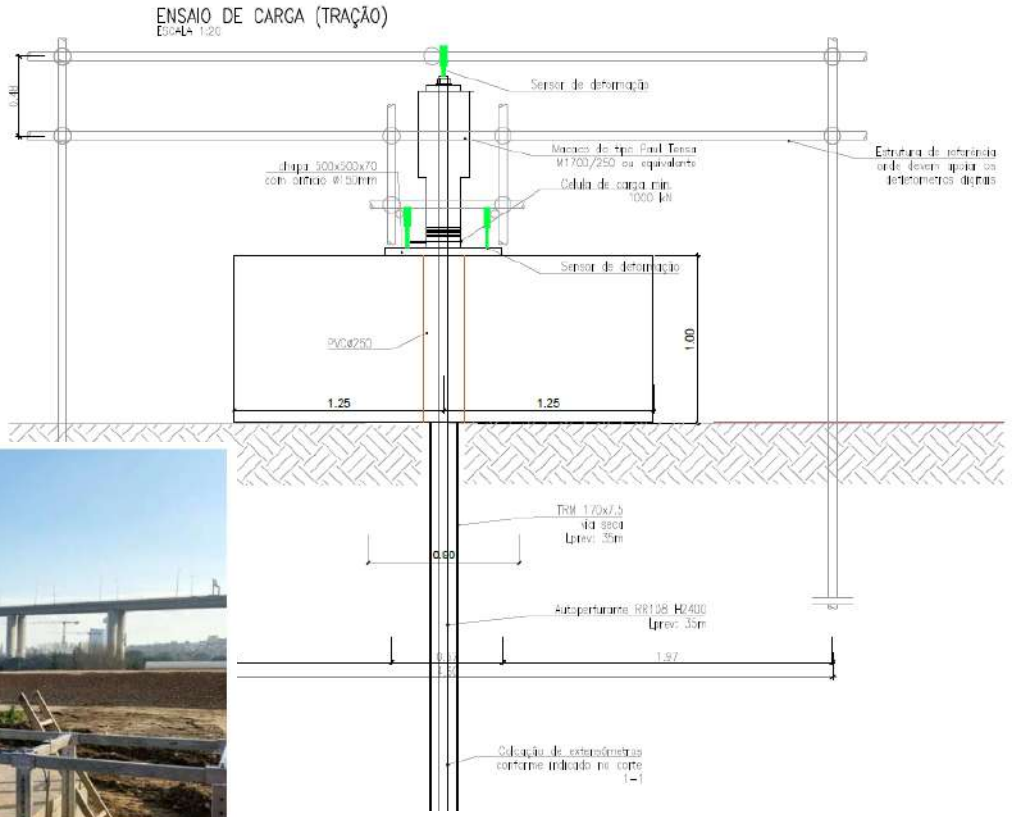
- A maior deformação ocorre na zona superficial do aterro sendo progressivamente menor em profundidade

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- PLANO DE INTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO)
- **ENSAIOS DE CARGA DAS MICROESTACAS CRAVADAS**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

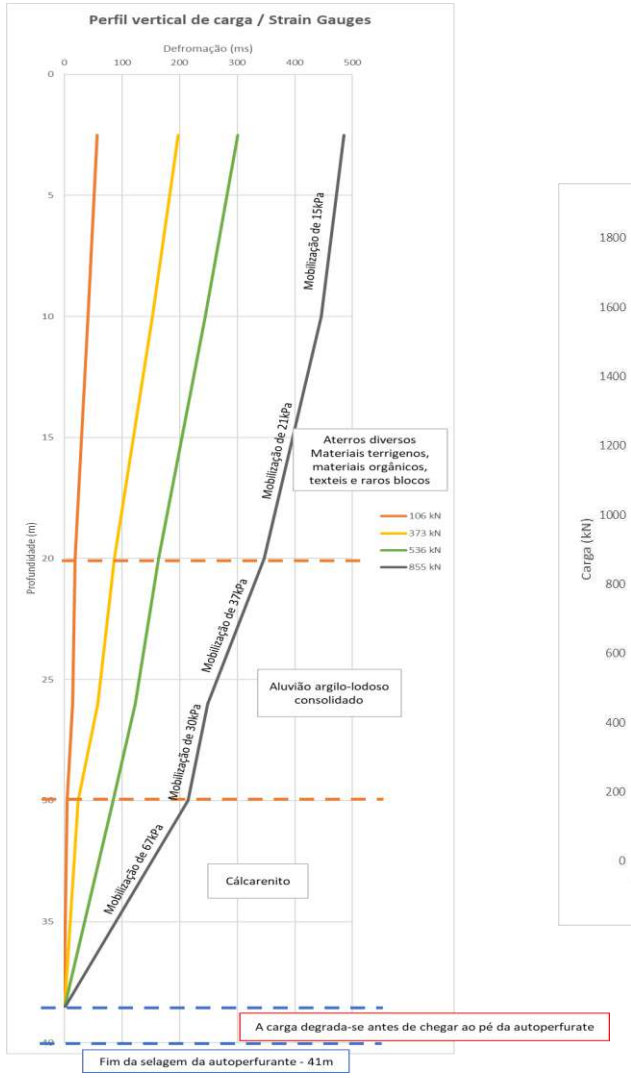
ENSAIO DE CARGA DE TRAÇÃO - TRM Ø170X7,5mm+Autoperfurante RR108 H2400 com bit de 135mm

- 4 ciclos até à carga máxima : 922kN
- 5º ciclo (adicional): 1598kN
  - Não se verificou rotura



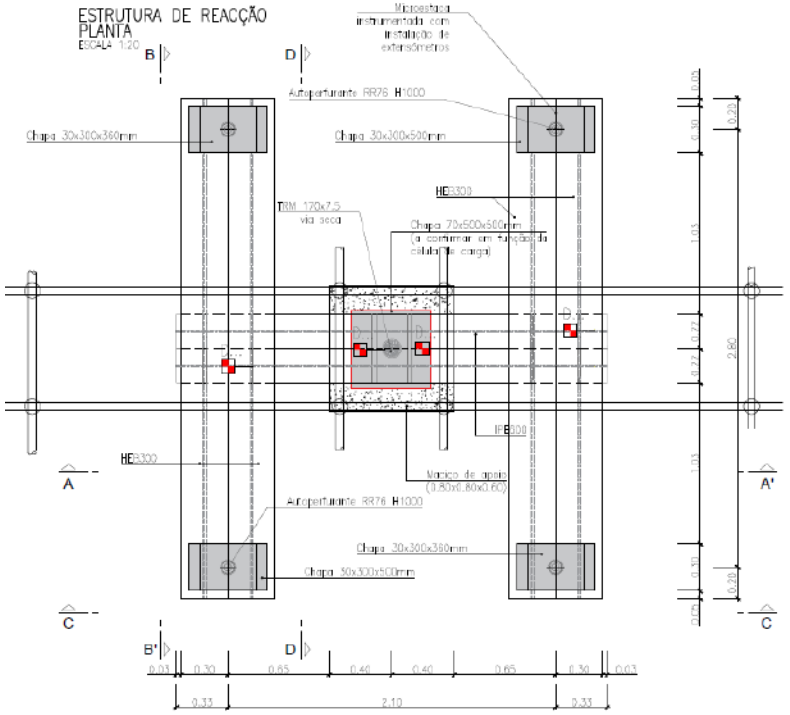
- Instalação de extensómetros

- A carga degrada-se antes de chegar à base da microestacas autoperfurante (a 2m)



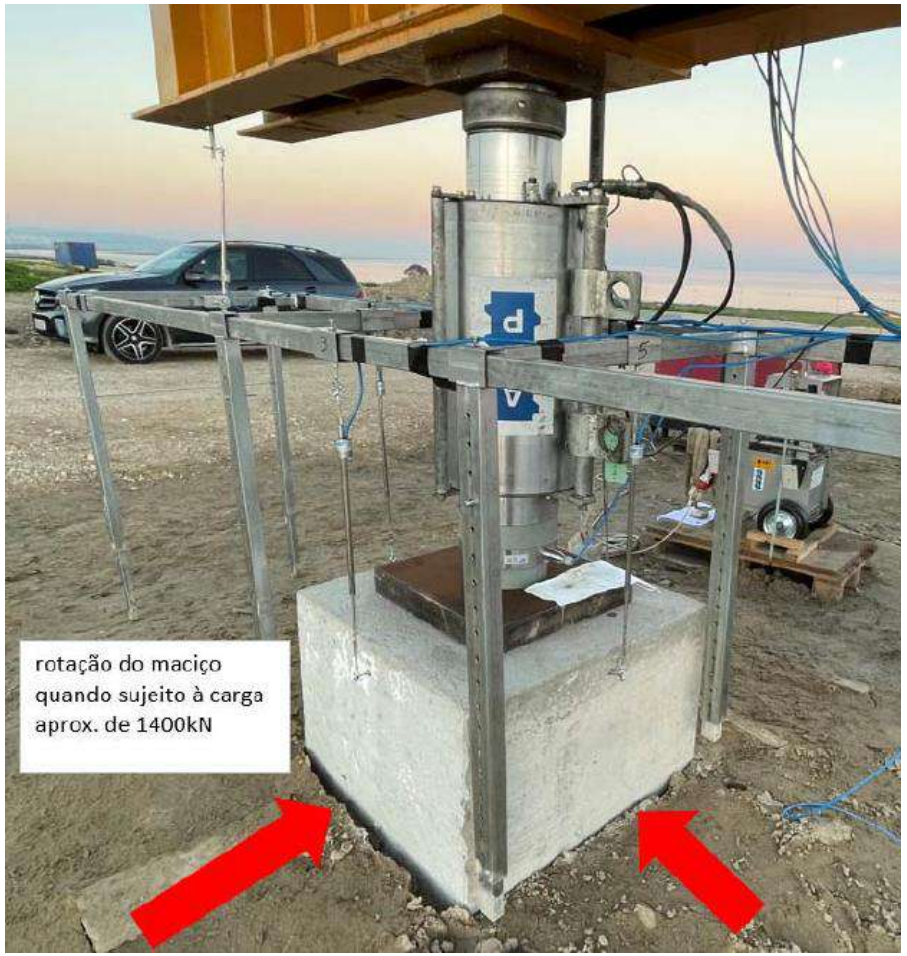
ENSAIO DE CARGA DE COMPRESSÃO - TRM Ø170X7,5mm

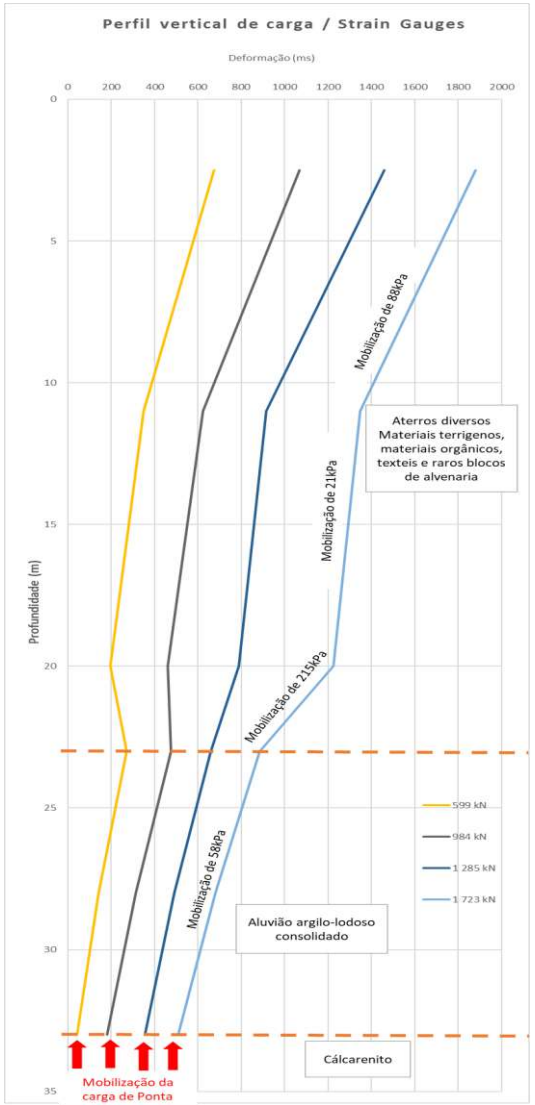
- Carga prevista: 1820kN
- Instabilidade do maciço devido a excentricidade da carga por desalinhamento do eixo da microestacas: 1400kN
- Carga final: 1723kN

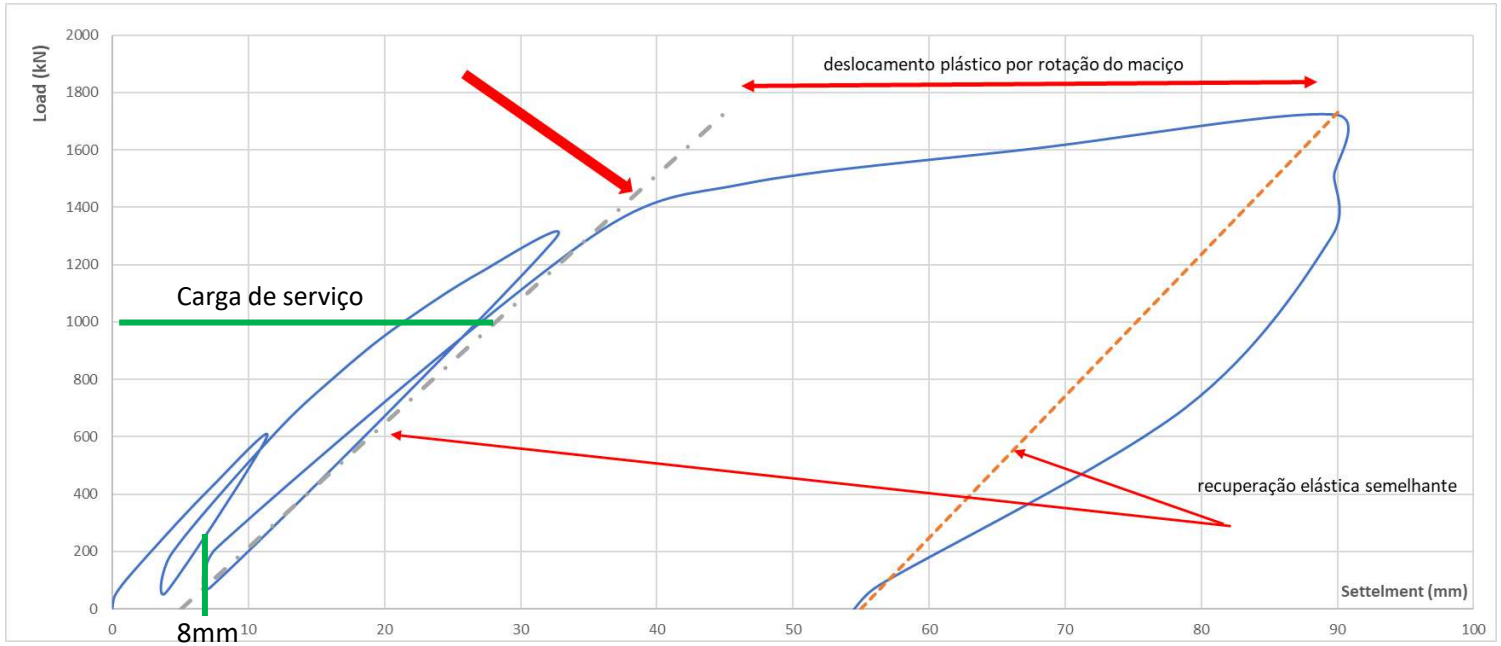


ENSAIO DE CARGA DE COMPRESSÃO - TRM Ø170X7,5mm

- Carga prevista: 1820kN
- Instabilidade do maciço devido a excentricidade da carga por desalinhamento do eixo da microestacas: 1400kN
- Carga final: 1723kN







- Verifica-se uma capacidade de transmissão de carga significava ao aterro com mobilização de 88kPa entre os 2,5 e os 11m de profundidade e mobilização de 215kPa entre os 20 e os 23m de profundidade.
- Carga de ponta mobilizada é da ordem dos 600kN para uma carga da ordem dos 1700kN

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- PLANO DE INTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO)
- ENSAIOS DE CARGA DAS MICROESTACAS CRAVADAS
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mínimo impacto ambiental:

- Sem extração de terreno (Microestacas cravadas)
- Fundação indireta apenas onde estritamente necessário (Zona traseira)

Rápida montagem e (eventual) desmontagem:

- Maioria dos elementos são pré-fabricados

Validação da solução com ensaios de carga:

- Em tração, verificou-se excelente resposta à capacidade de carga para um comprimento de selagem de 10m no Miocénico, permitindo validar os pressupostos de base do Projeto de Fundações da cobertura do palco;
- A solução ensaiada em compressão apresenta boa resposta, no mínimo até à carga de 1.500kN, sem evidências de instabilidade lateral por encurvadura, o que permitiu validar a solução de fundações da zona traseira do palco.

Soluções de fundações em obras localizadas perto do rio Trancão, em Lisboa

AGRADECIMENTO: DONO DE OBRA

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

Solução de fundações e escavação e contenção periférica de um edifício em Aveiro

Lourenço Fernandes [a], Alexandre Pinto [b], Rui Tomásio [c], Filipe Rodrigues [d]

[a,b,c] JETsj Geotecnia Lda

[d] Octógono Lda

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- MODELO DE CÁLCULO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Limite do lote
Rua Engenheiro Silvério Pereira da Silva
Ria de Aveiro
Av. Dr. Lourenço Peixinho
Av. 5 de Outubro
Lg. do Mercado
Cais do Cójo
Ponte Laços de Amizade
Mercado Manuel Firmino
Hotel do Mercado
Centro Comercial Oita
Minipreço
Banco Montepio
Farmácia Oudinot
Barbearia - Aveirense
Centro China
Edifício Centro Avenida
Fernando Guest House
Palacete Suite Aveiro
Synergie Aveiro
Maravilhas Café
Zig-Zag
Pastelaria Ramos
Innapartments Avenida 60
Costa Nova
Adega Tia Micas
ZOME Aveiro
I Love Nails & Beauty
Wall Street English - Aveiro
Parking
Wegoshare
Cartório Notarial Alice Sobral Conde
Parque Estacionamento - Nossa Sra dos Aflitos
Parque Mercado Manuel Firmino
Pluricosmética - Forum Aveiro
Smart Talk - Forum Aveiro
ActivoBank - Aveiro
NovaCâmbios
Lovecraft Beer Lounge Aveiro
Mundo Bebé By Avant&Apres
R. de Agostinho Pinheiro
R. Guilherme Gomes Fernandes
R. Conselheiro Luís de Magalhães
R. Cmte. Rocha e Cunha
R. Cmte. Rocha e Cunha

ÍNDICE

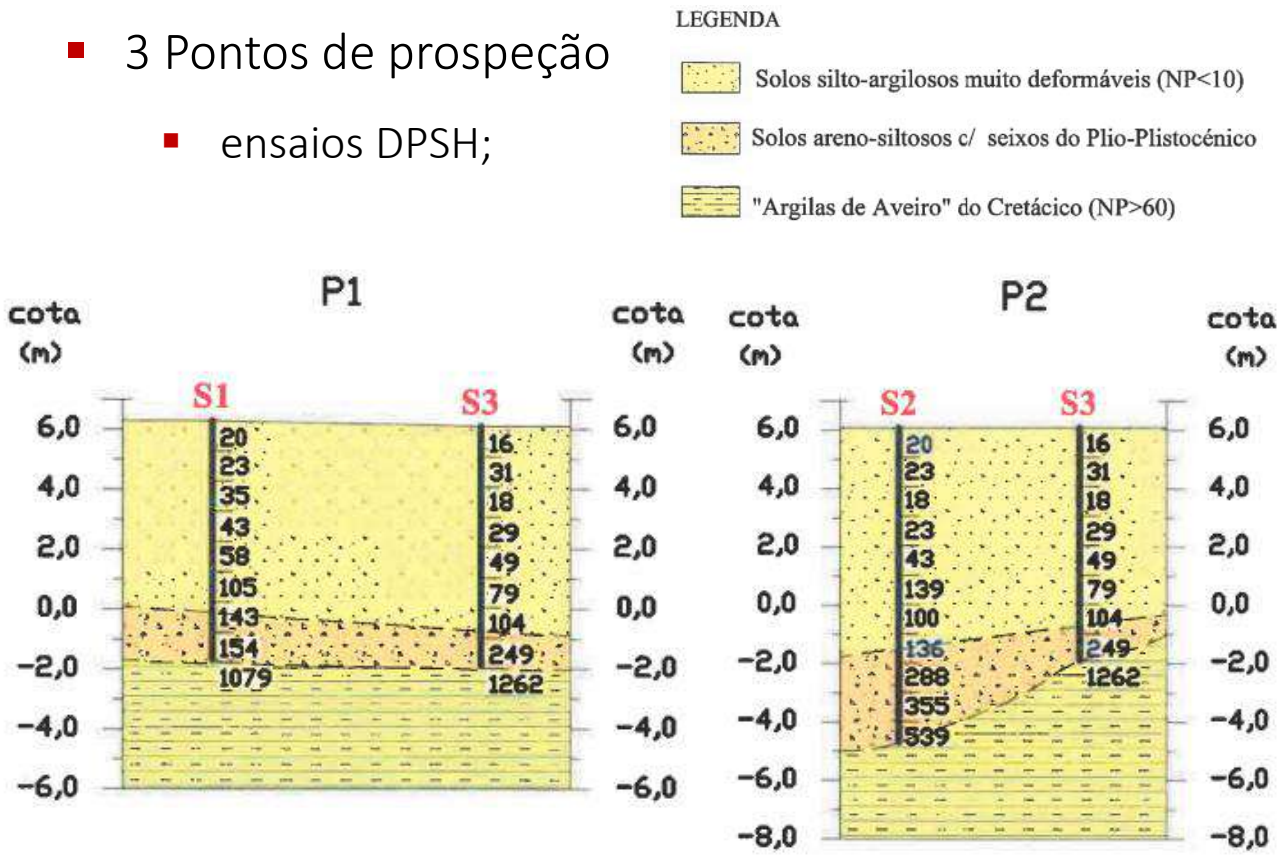
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- MODELO DE CÁLCULO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

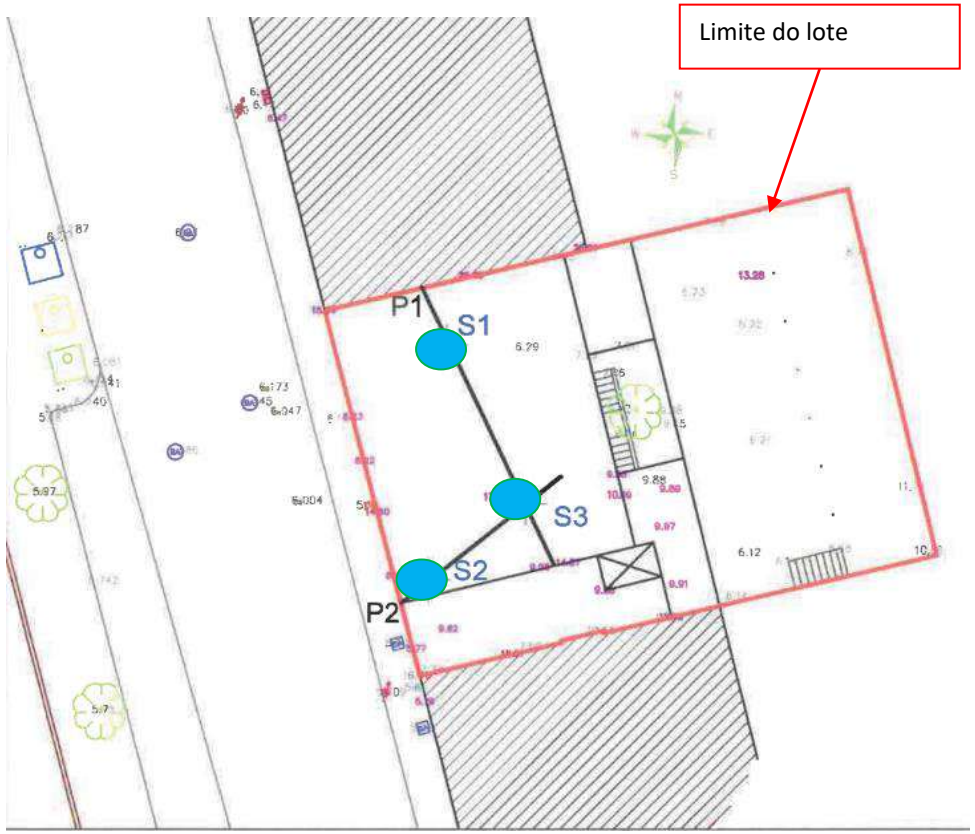
Limite do lote
Rua Engenheiro Silvério Pereira da Silva
Ria de Aveiro
Banco Montepio
R. Guilherme Gomes Fernandes
Edifício Centro Avenida
Autoridade para as Condições do...
Palacete Suite Aveiro
Minipreço
Av. Dr. Lourenço Peixinho
Zig-Zag
Maravilhas Café
Hotel do Mercado
Lg. do Mercado
Costa Nova
Mercado Manuel Firmino
Av. 5 de Outubro
Pluricosmética - Forum Aveiro
Parque Mercado Manuel Firmino...
Adega Tia Nicas

Edifício a demolir
Google

PROSPEÇÃO REALIZADA

- 3 Pontos de prospeção
  - ensaios DPSH;





Nível Freático

- Ensaios realizados → Não foi estabelecido nenhum valor para o NF

Existência de uma parede no limite do lote

- Uma parede previamente executada em condições desconhecidas → Admitiu-se a inexistência da mesma.

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- MODELO DE CÁLCULO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

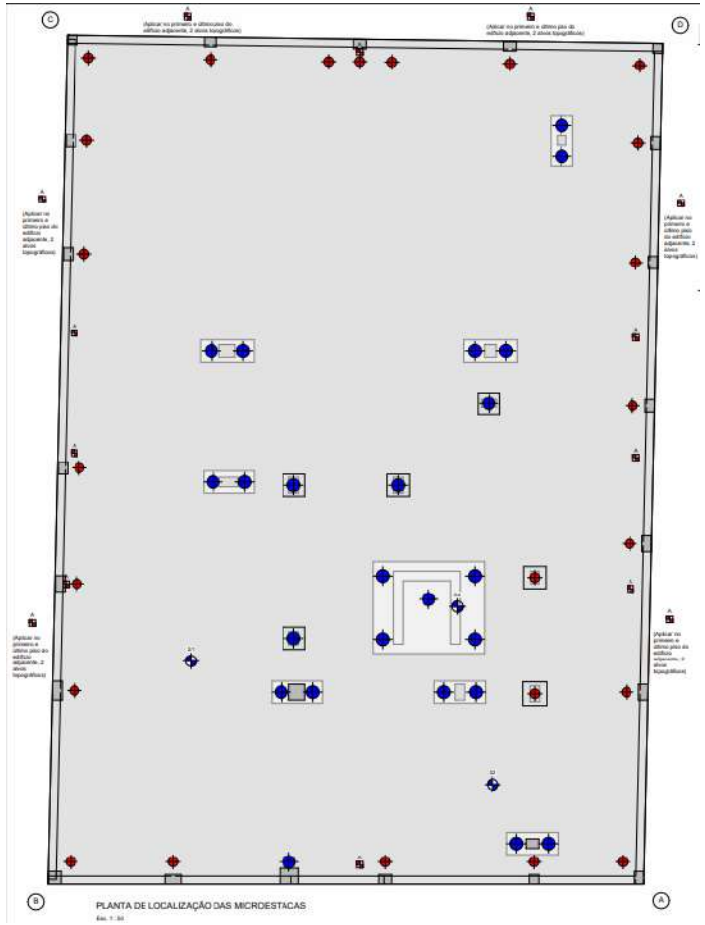
Fundações indiretas

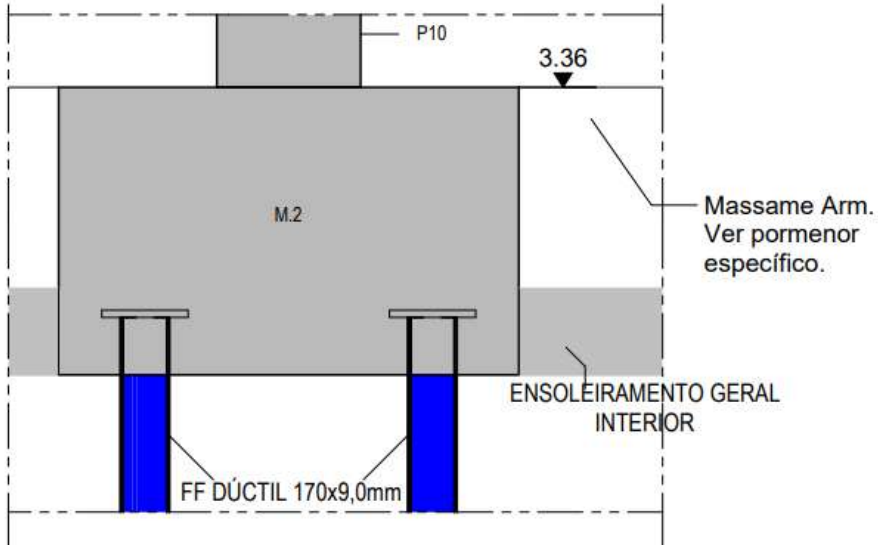
- Microestacas em ferro fundido dúctil cravadas por via seca com secção:

Ø 170 x 7,5 mm + Ø 32 mm
A500NR SD

Ø 118 x 7,5 mm + Ø 32 mm
A500NR SD

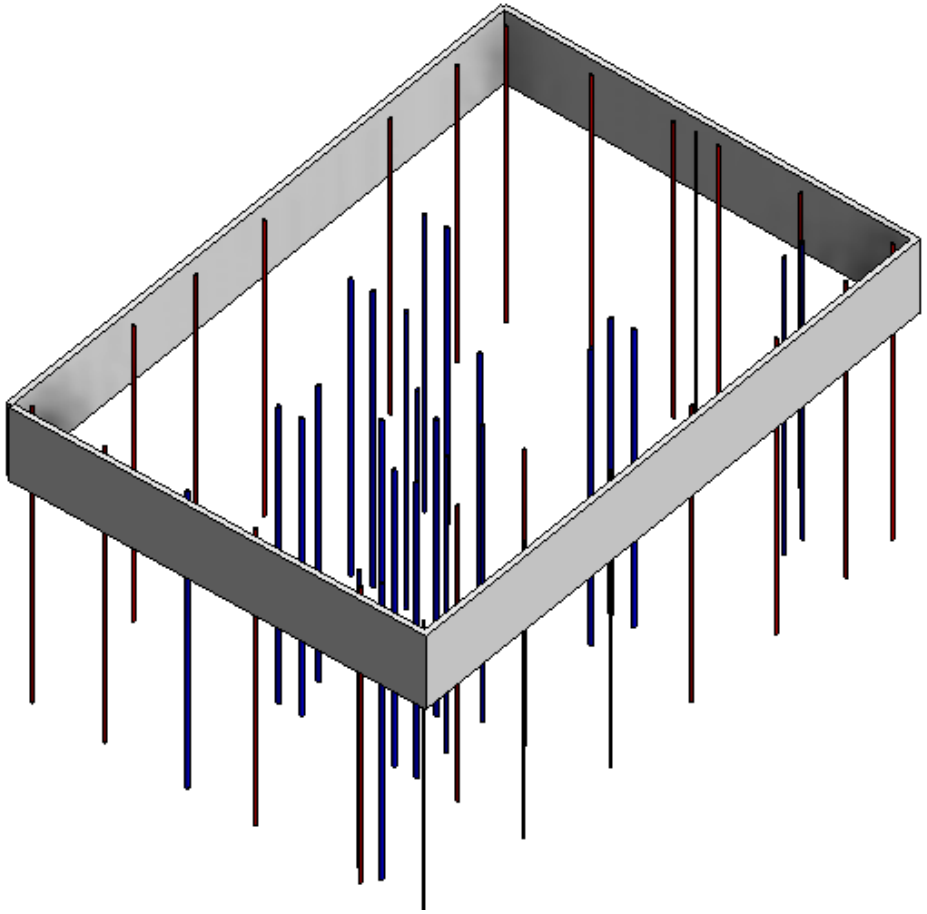
Encabeçadas por maciços integrados em laje de ensoleiramento de betão armado

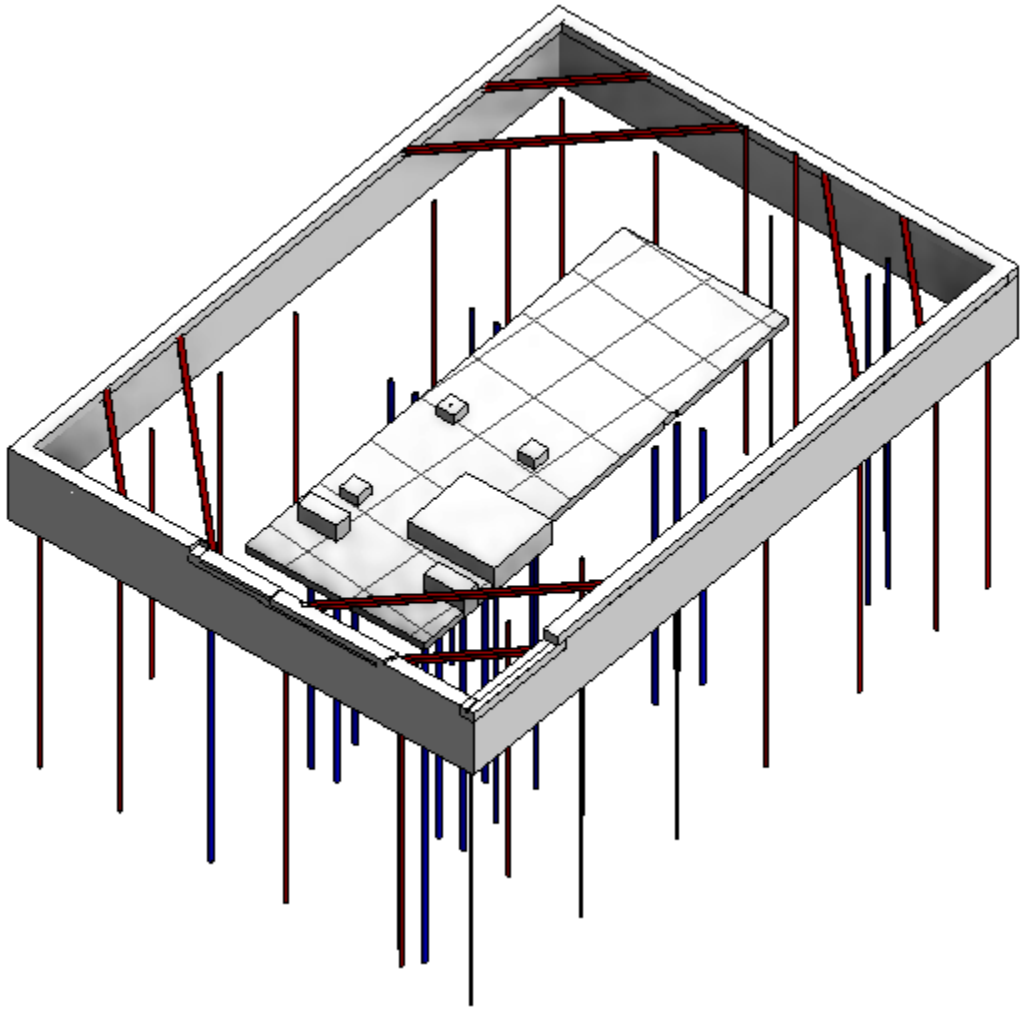




QUADRO DE MACIÇOS:

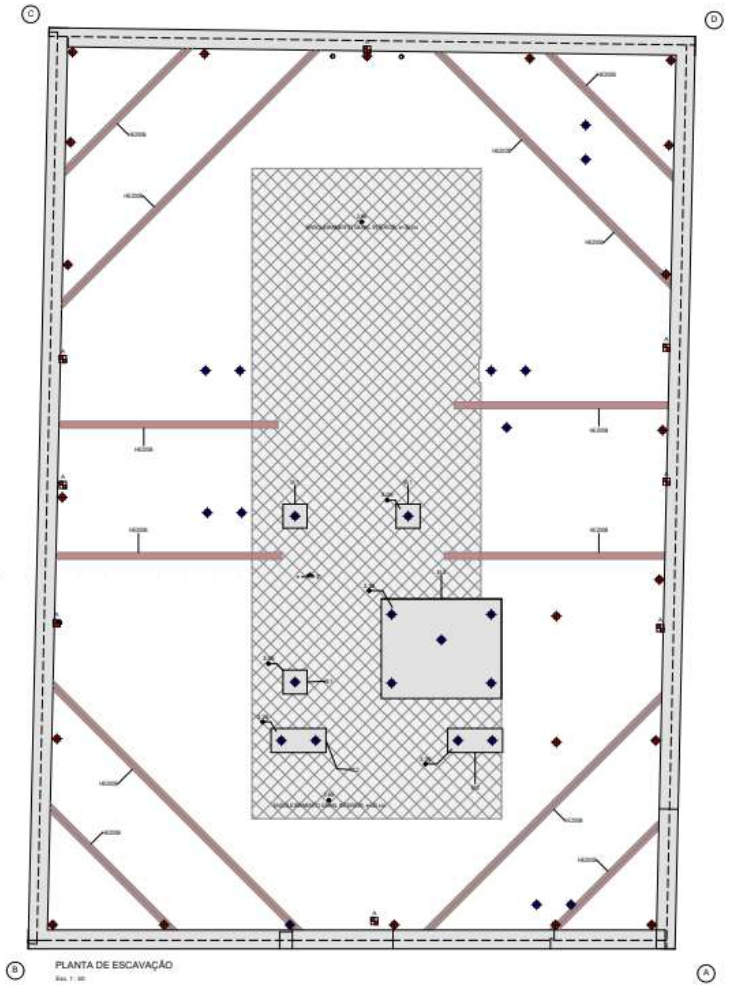
Maciço	A [m]	B [m]	H [m]
M1	0.70	0.70	0.70
M2	1.60	0.70	1.00
M3	3.50	2.90	1.00

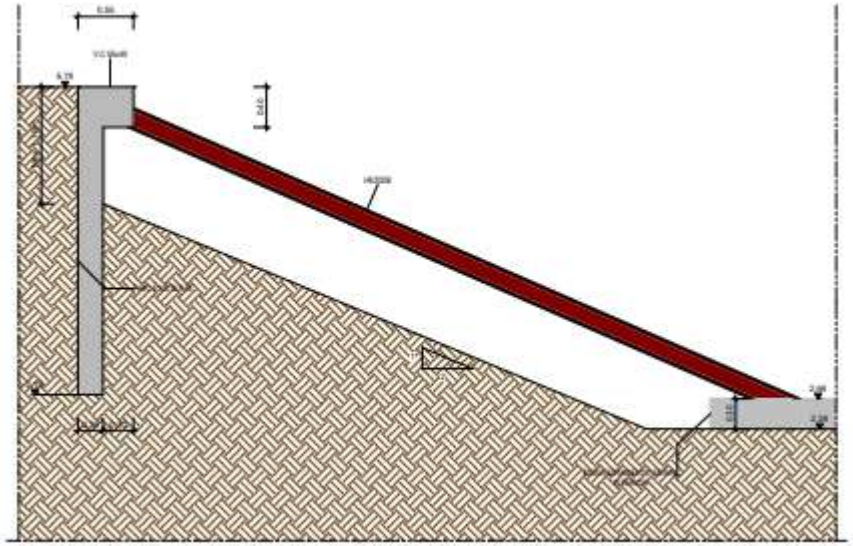




Muro do tipo Berlim Definitivo

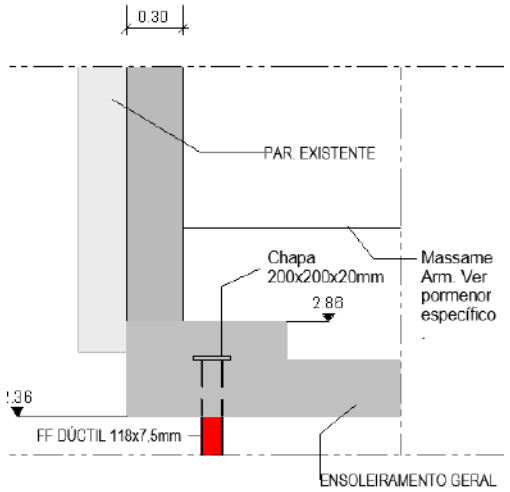
- Muro esp.=0,30 m
- Sapata esp.=0,50 m
- Painéis primários com afastamento 4 m
- Travamento – escoras metálicas HEB 200

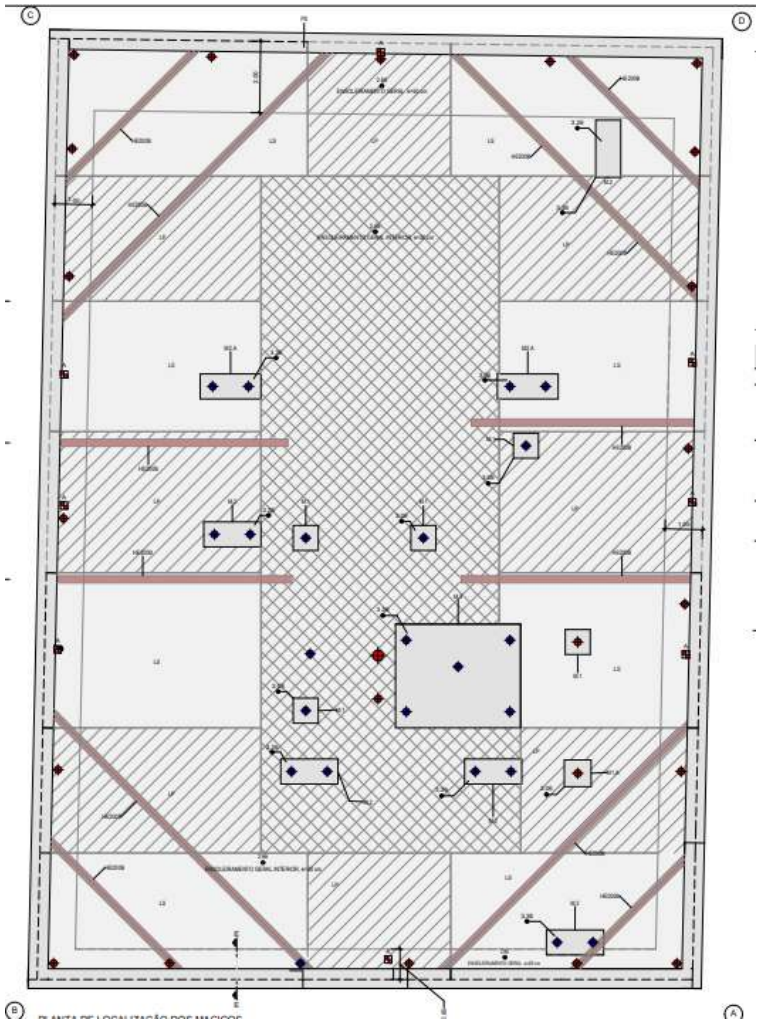


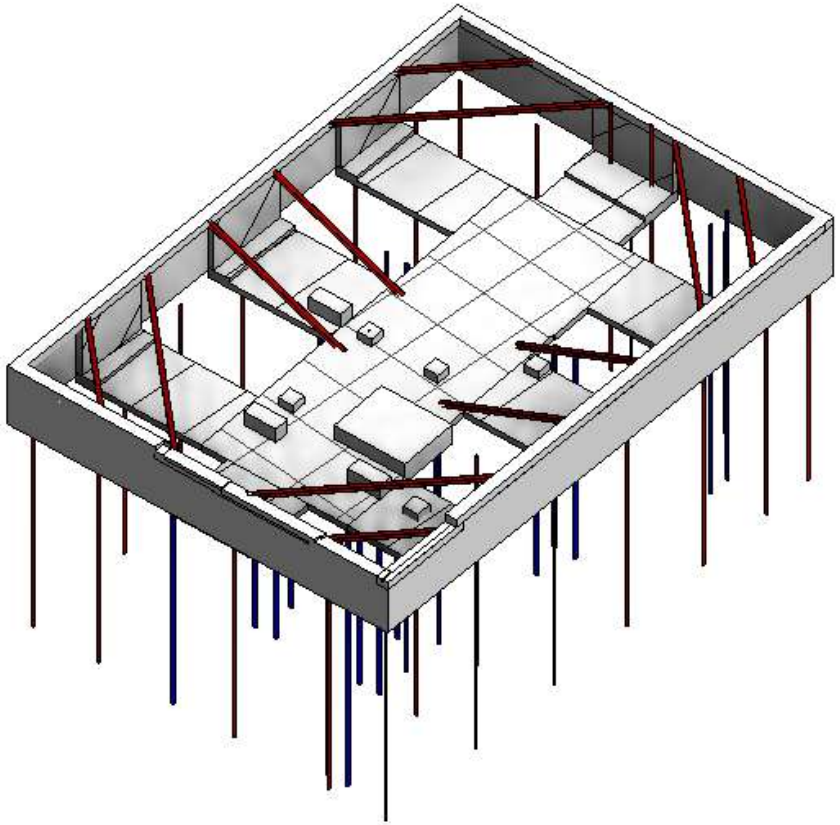


Muro do tipo Berlim Definitivo

- Travamento horizontal do muro ao nível da laje, garantido através da laje de ensoleiramento geral executada juntamento com as sapatas e parede de forma faseada.





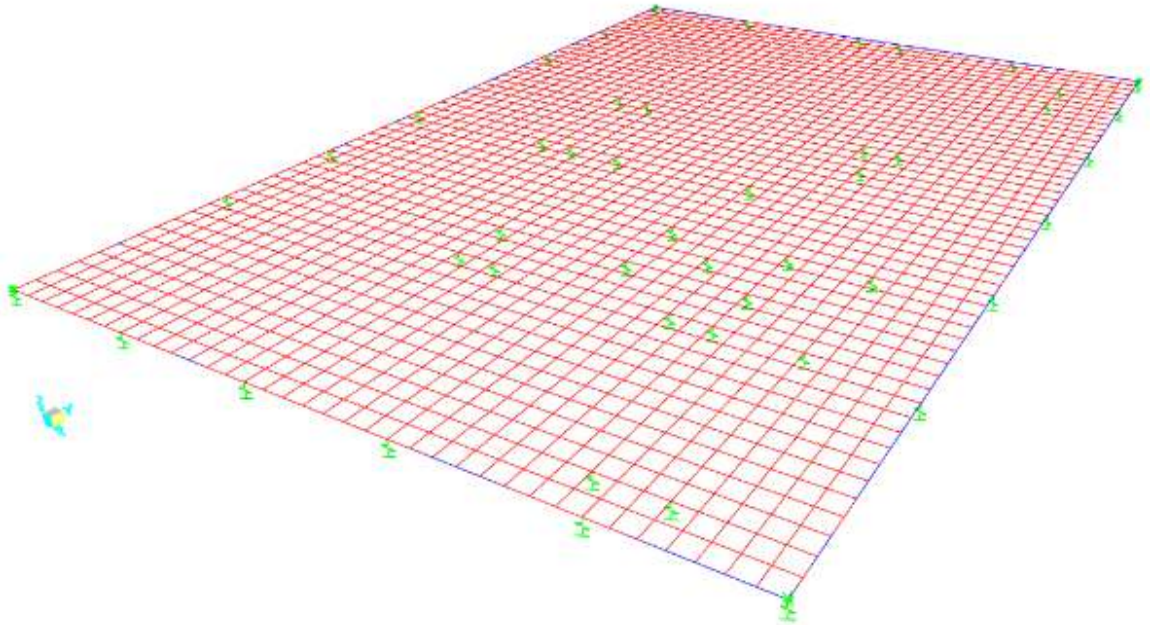


ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **MODELO DE CÁLCULO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

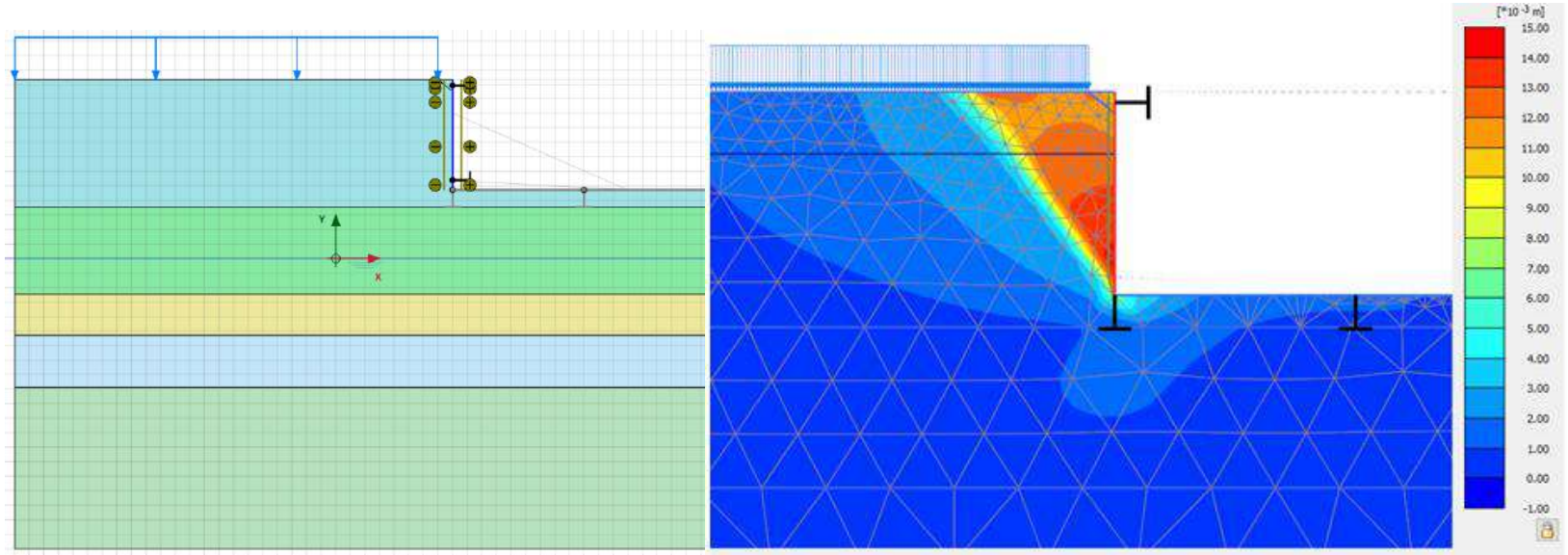
Programa de cálculo Sap2000:
Laje de ensoleiramento

- Laje : Elementos finitos tipo Shell
- Microestacas de ferro fundido dúctil: Molas verticais, com rigidez equivalente à secção e comprimento



Programa de cálculo Plaxis 2D: Estrutura de contenção periférica

- Solo: Hardening Soil
- Muro de betão armado: tipo plate
- Microestaca vertical, travamento horizontal: Fixed-end anchor



ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- MODELO DE CÁLCULO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Muro do tipo Berlim definitivo :

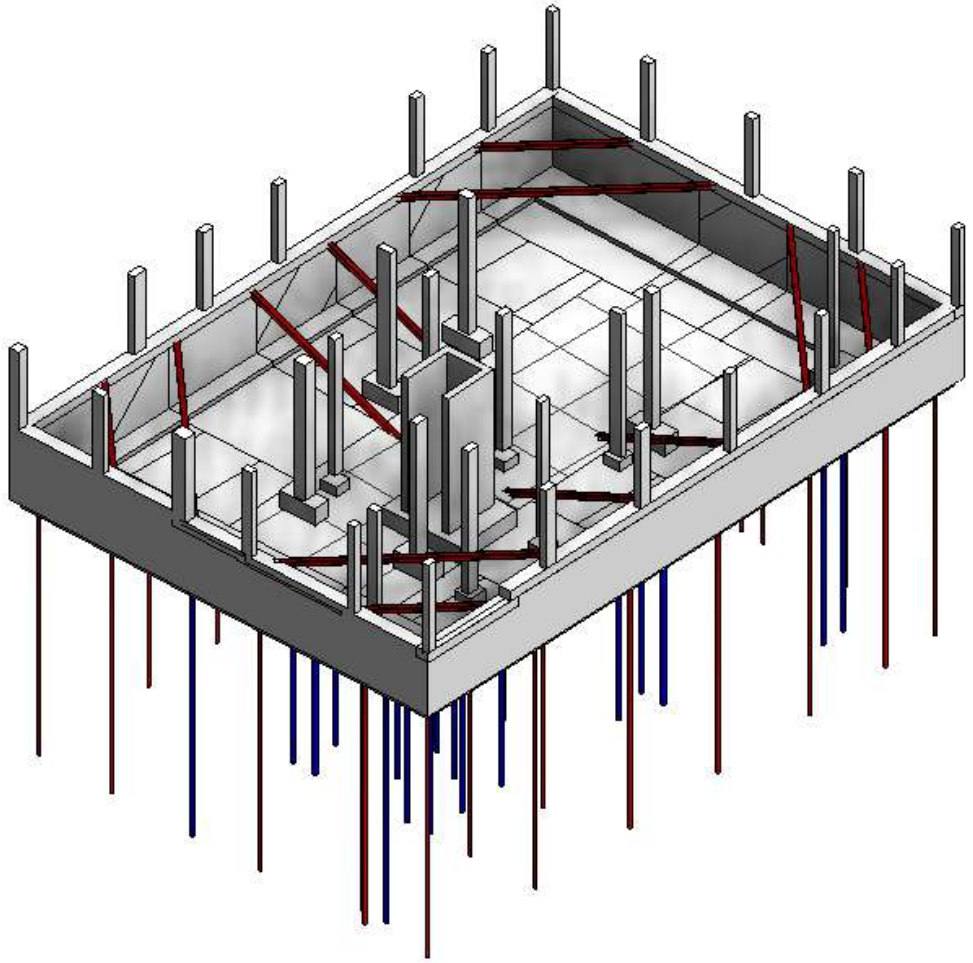
- Versatilidade e adaptabilidade às condições reais da obra

Microestacas de ferro fundido dúctil cravadas por via seca:

- Solução de fundação sem extração de terreno
- Elemento pré-fabricado
- Solução cravada de alta frequência

Uso de ferramentas BIM :

- Maior qualidade
- Compreender de uma forma mais simples a estrutura
- Compatibilização com restantes especialidades
- Menos erros a nível de quantidades de materiais



Solução de fundações e escavação e contenção periférica de um edifício em Aveiro

AGRADECIMENTO: DONO DE OBRA

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA NO EMPREENDIMENTO THE ONE, LISBOA

SOLUTIONS OF ESCAVATION AND PERIPHERAL EARTH RETAINING WALLS AT THE ONE DEVELOPMENT, LISBON

Ricardo Justiniano [a] Alexandre Pinto [a]

[a] JETsj Geotecnia

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

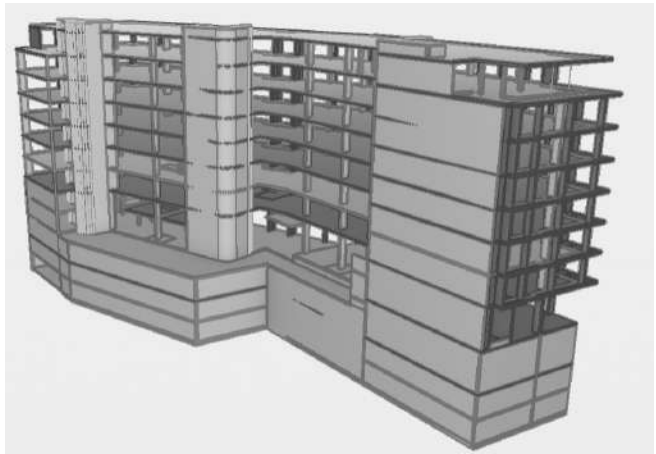
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Empreendimento Residencial

Execução de 3 caves e 8 pisos acima do solo.

Túnel sob av. João XXI a cerca de 6m do alçado norte

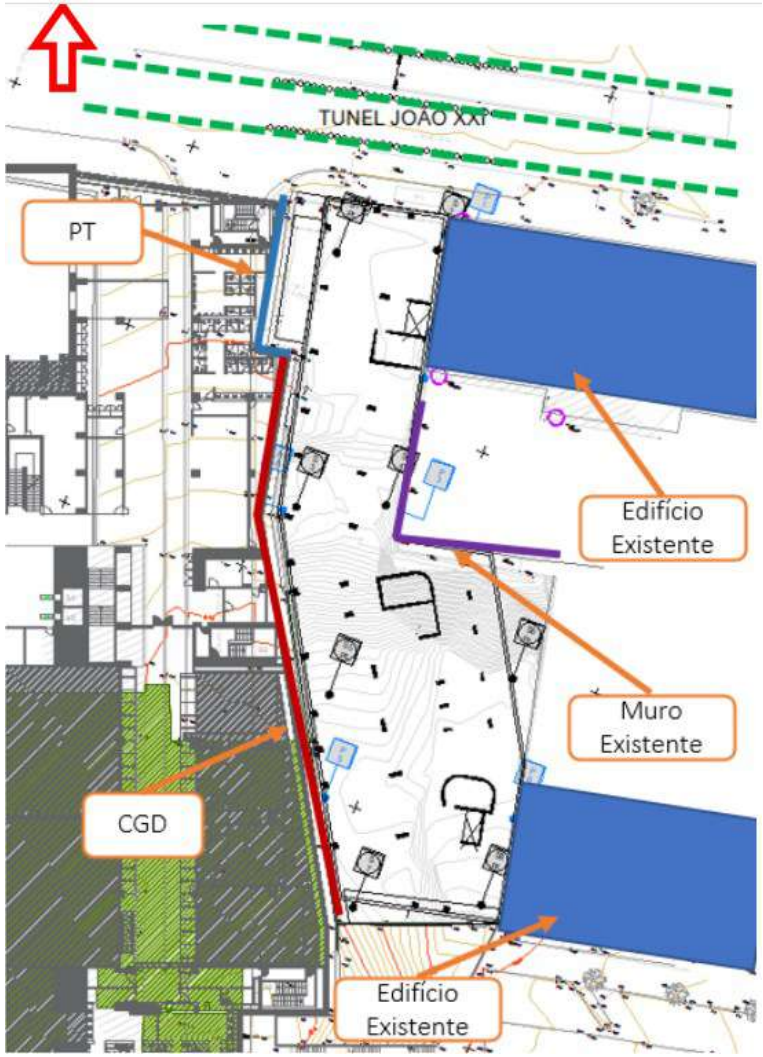
JETsj executou projetos de execução de escavação e contenção periférica.

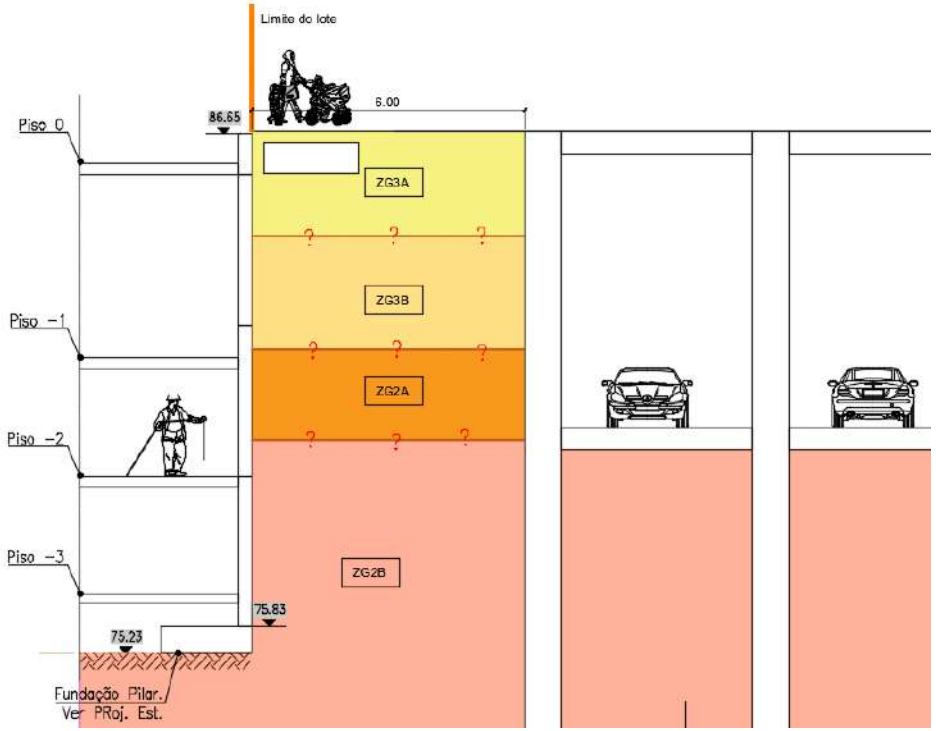


ÍNDICE

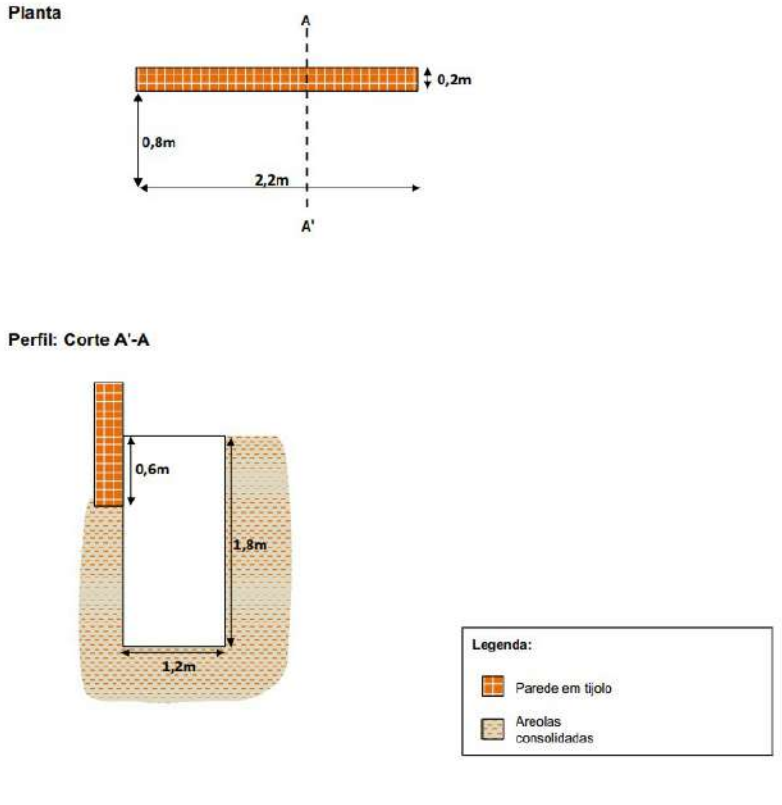
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

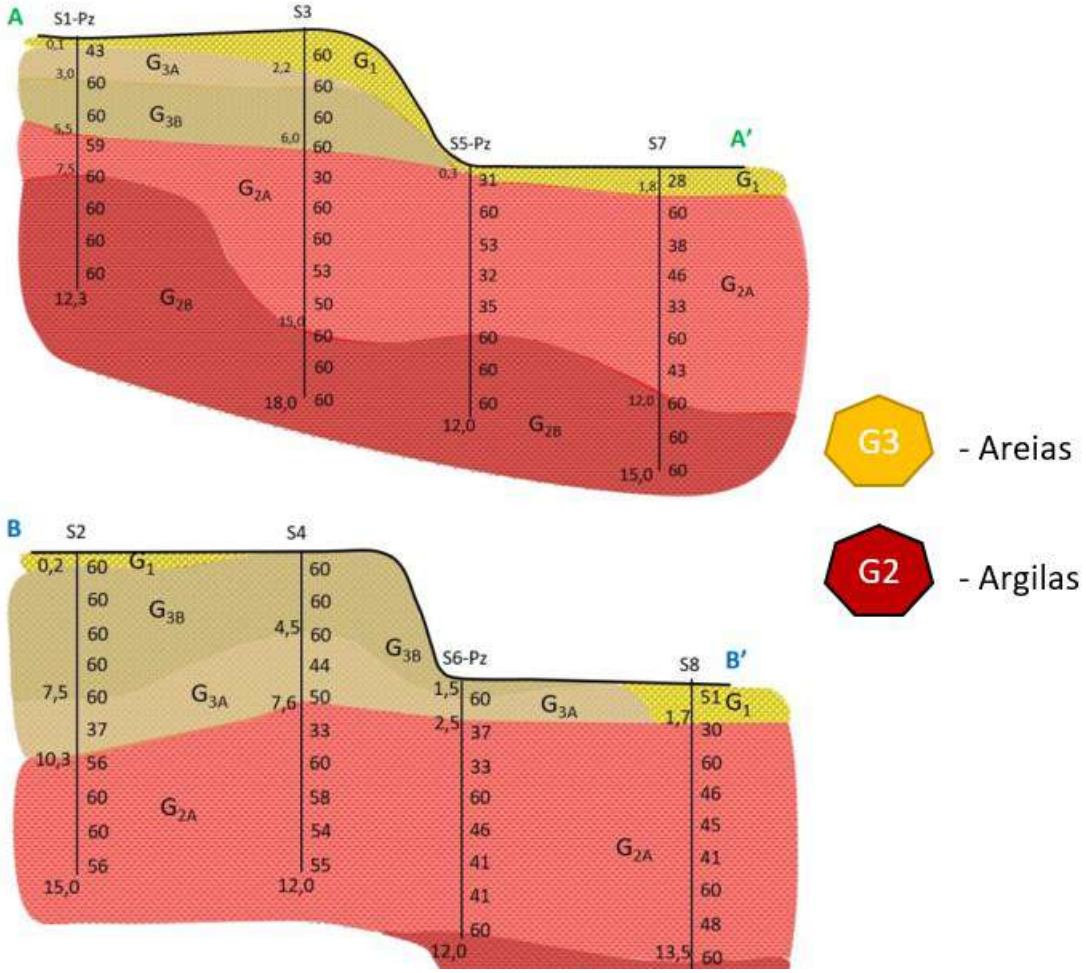
- Túnel sob Av. João XXI a cerca de 6m do alçado Norte
- Caves da CGD no alçado poente
- Edifícios existentes e muros de alvenaria de tijolo nos alçados nascentes

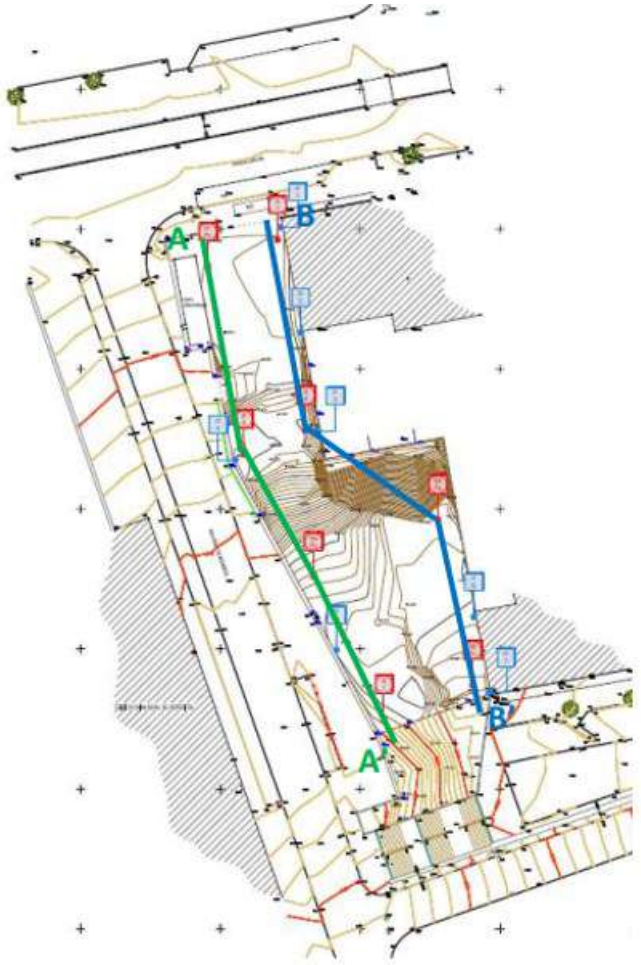




- Túnel sob Av. João XXI a cerca de 6m do alçado Norte
- Caves da CGD no alçado poente
- Edifícios existentes e muros de alvenaria de tijolo nos alçados nascentes




A
S1-Pz
S3
S5-Pz
S7
A'
B
S2
S4
S6-Pz
S8
B'
G1
G3A
G3B
G2A
G2B
G3 - Areias
G2 - Argilas

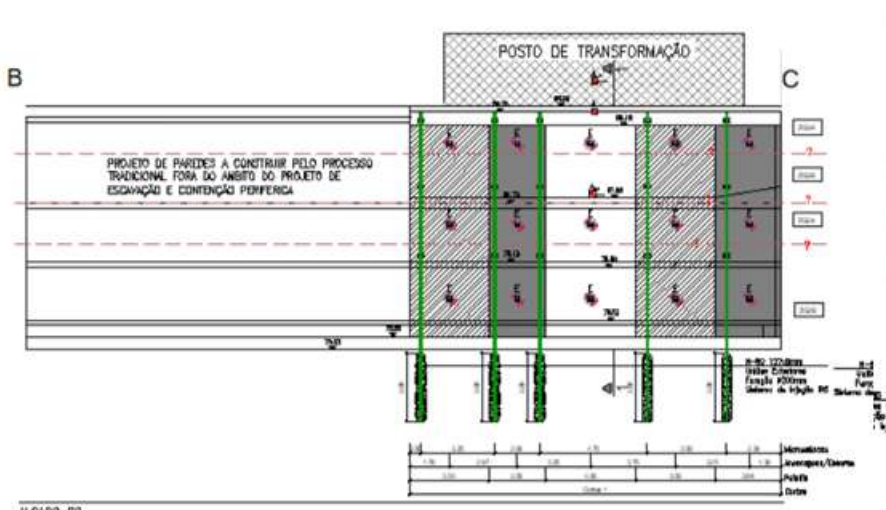

A
A'
B
B'

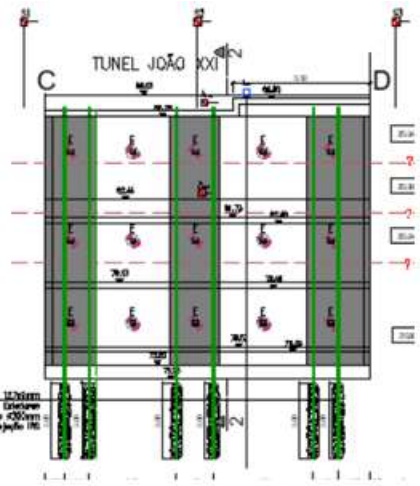
0,00
3,00
6,00
4,50
7,50
7,50
9,00
10,50
11,80
13,50
15,00

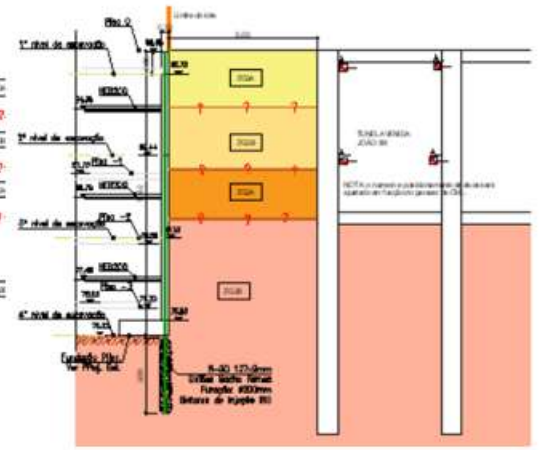
ÍNDICE

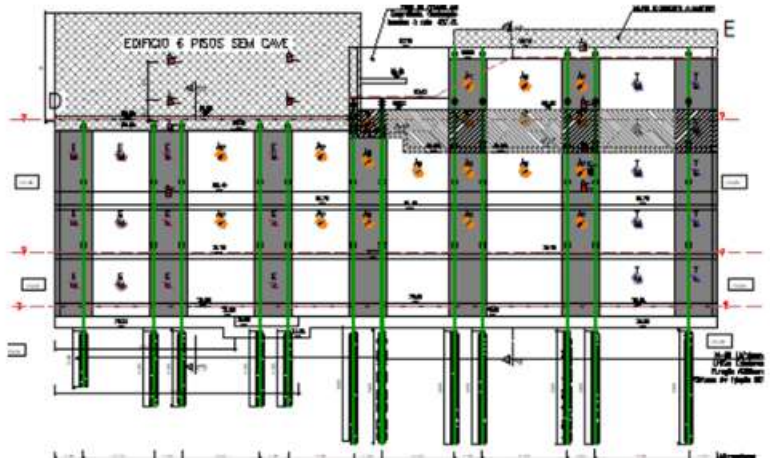
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES ADOTADAS**
- ANÁLISES NUMÉRICAS
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

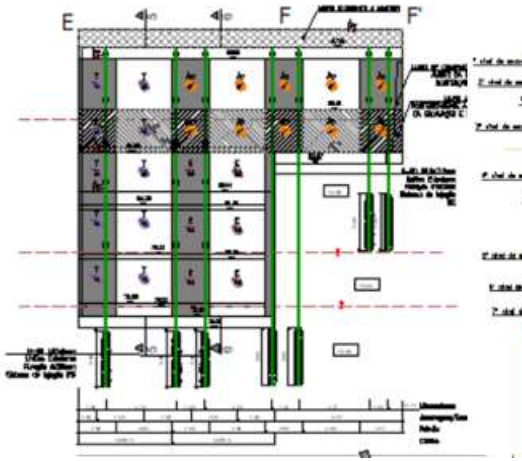
- Solução com Muros de Munique, em betão armado, com paredes de 0,30m a 0,40m de espessura
- Travamentos com recurso a escoras metálicas, ancoragens provisórias e barras GEWI definitivas
- Execução de Taludes nos logradouros
- Implementação de Plano de Instrumentação e Observação, tanto nas estruturas de contenção, como edifícios existentes na proximidade, como no interior do Túnel sob a Av. João XXI

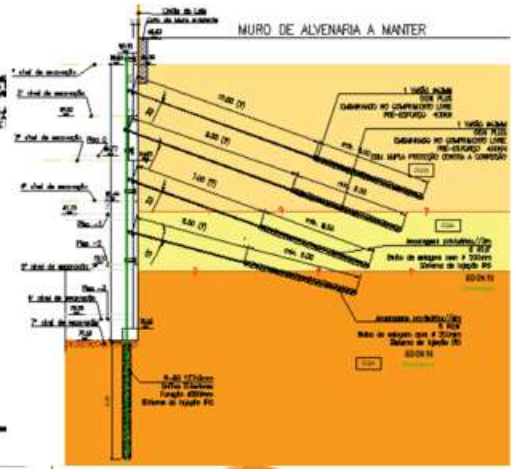

POSTO DE TRANSFORMAÇÃO
B
C
PROJETO DE PAREDES A CONSTRUIR PELO PROCESSO TRADICIONAL FORA DO ÂMBITO DO PROJETO DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
ALÇADO BC

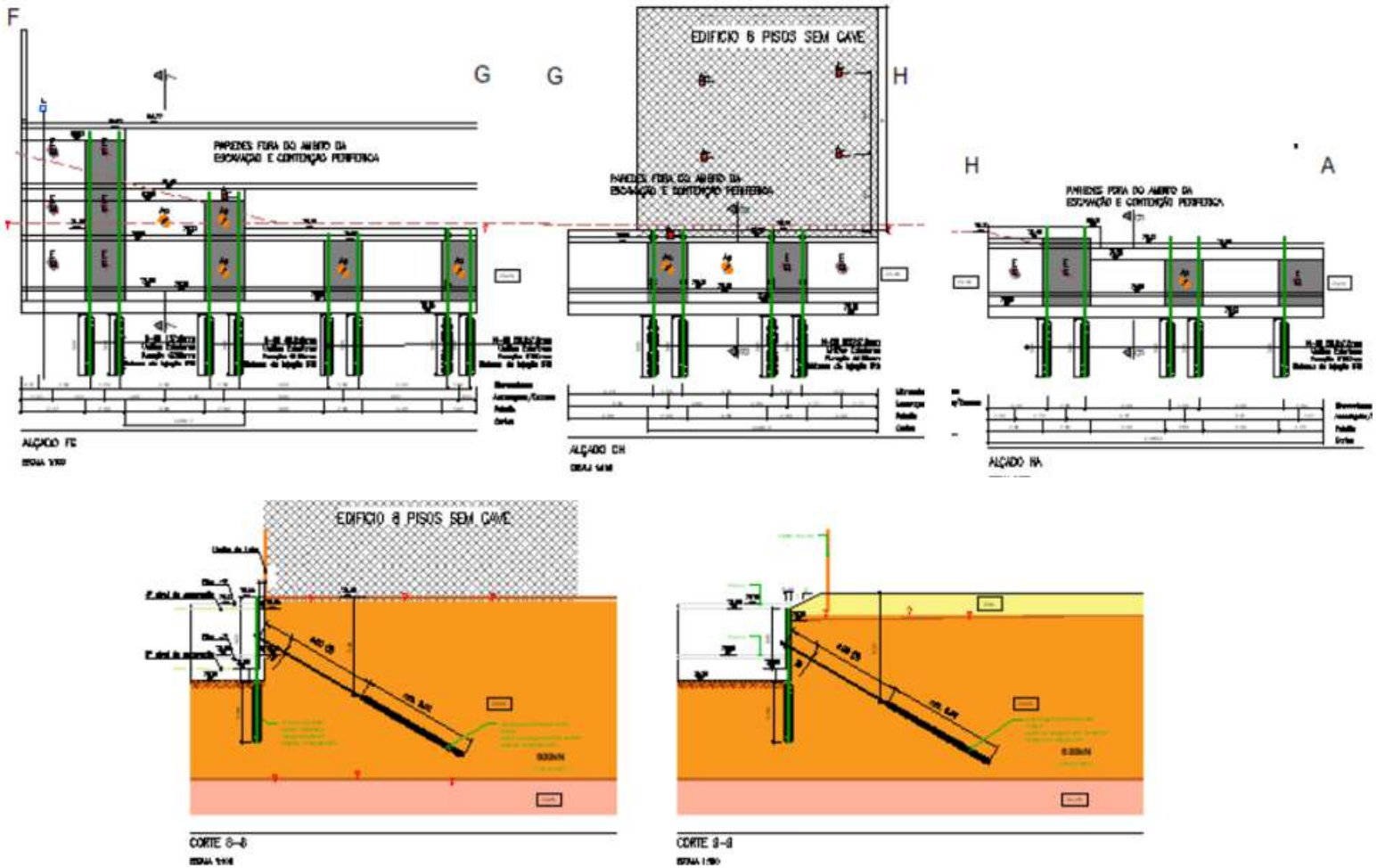

TUNEL JOÃO XXI
C
D




EDIFICIO 6 PISOS SEM CAVE
D
E

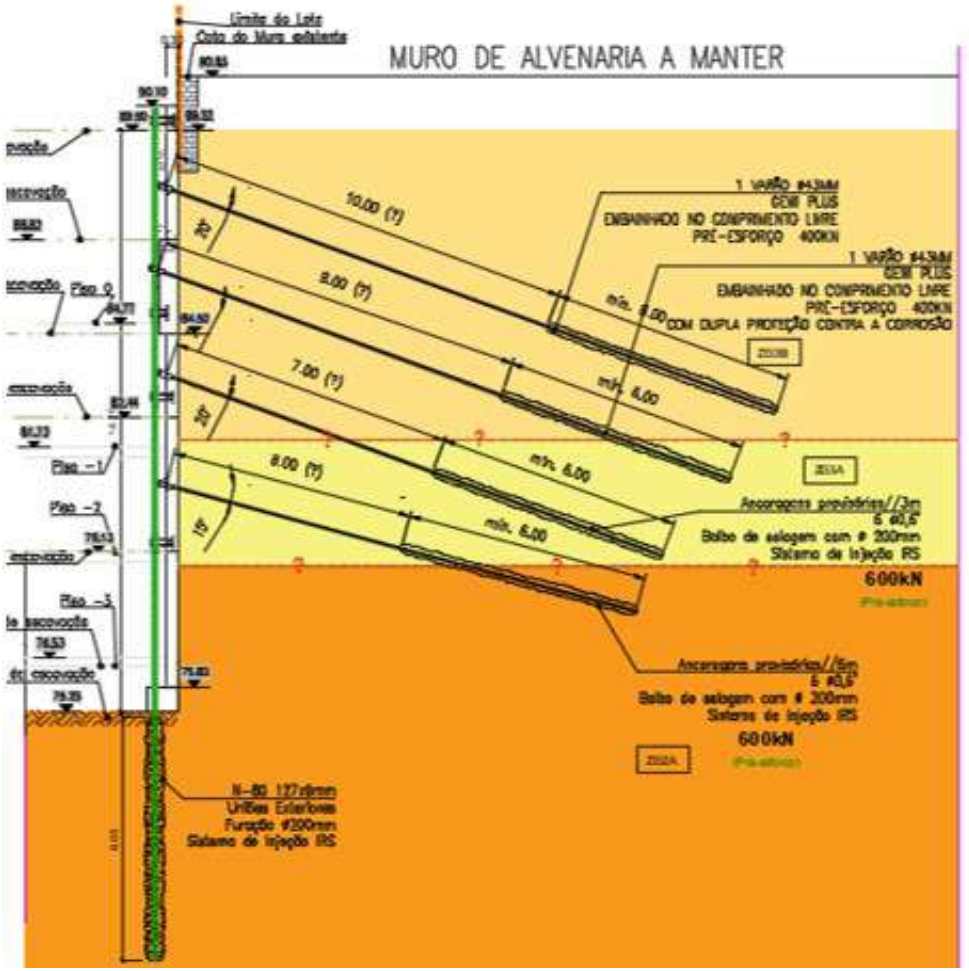

E
F
F

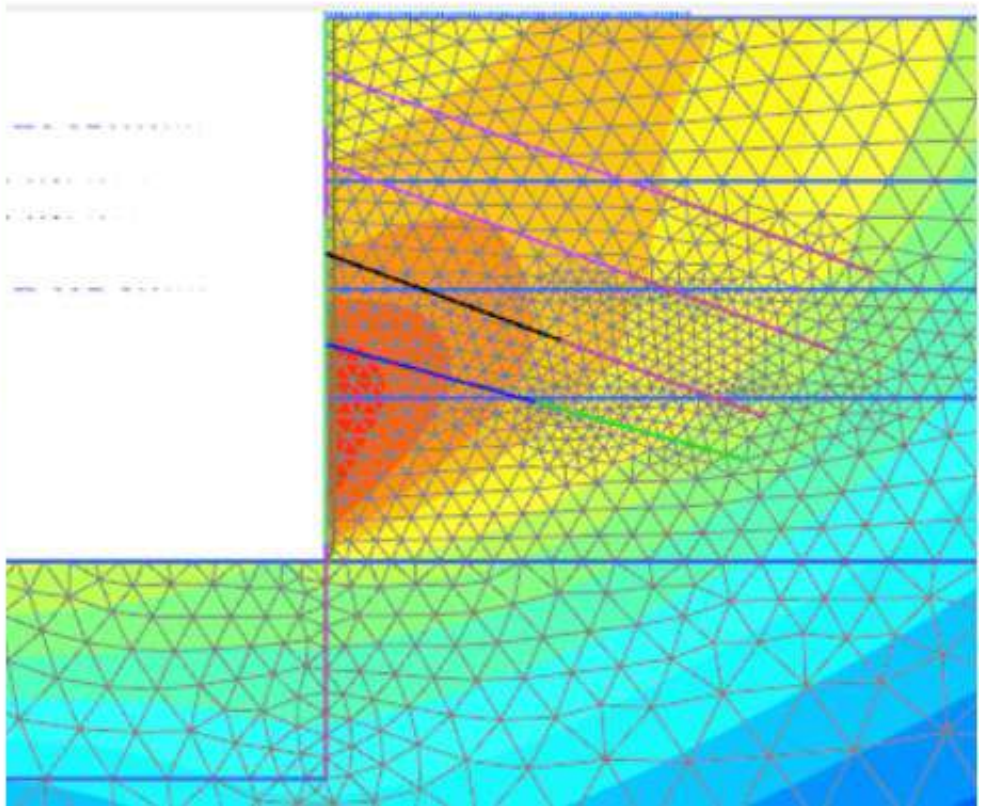

MURO DE ALVENARIA A MANTER


F
G
G
H
EDIFICIO 6 PISOS SEM CAVE
PAREDES FORA DO AMBITO DA ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFERICA
ALÇADO FF
ALÇADO GH
H
A
ALÇADO HA
EDIFICIO 6 PISOS SEM CAVE
CORTE B-B
CORTE B-B

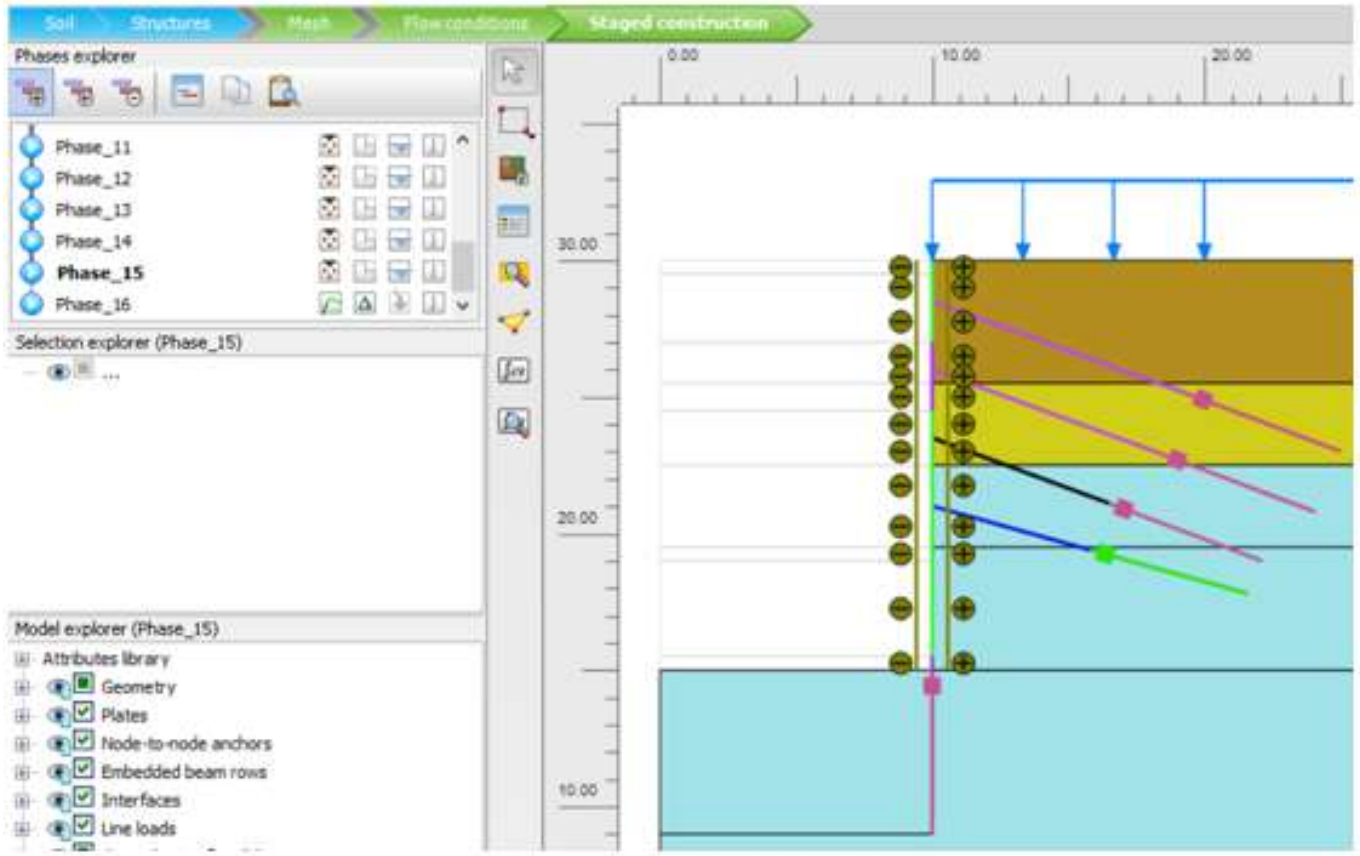
ÍNDICE

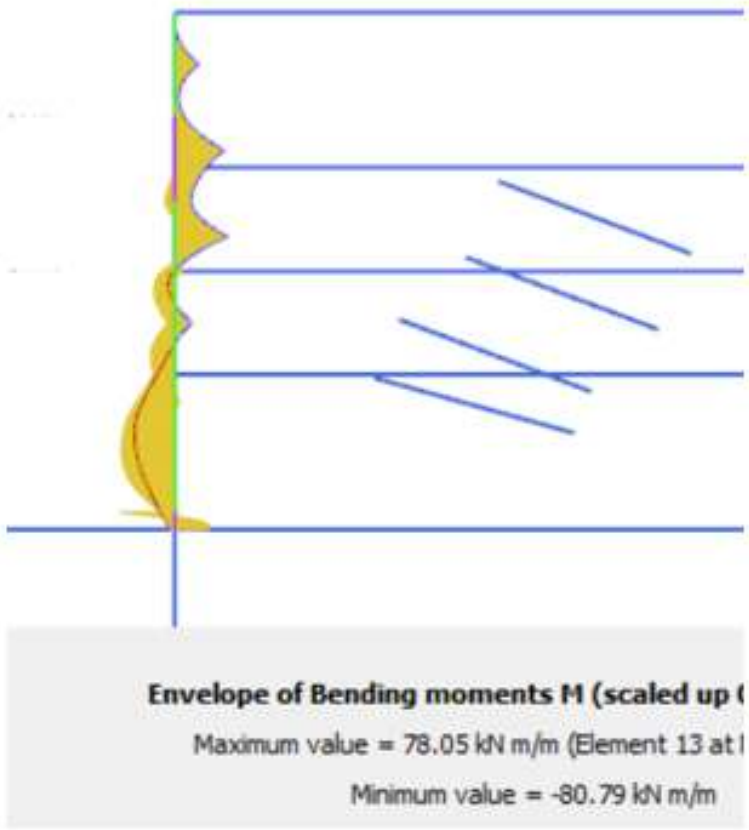
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- **ANÁLISE NUMÉRICA**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS



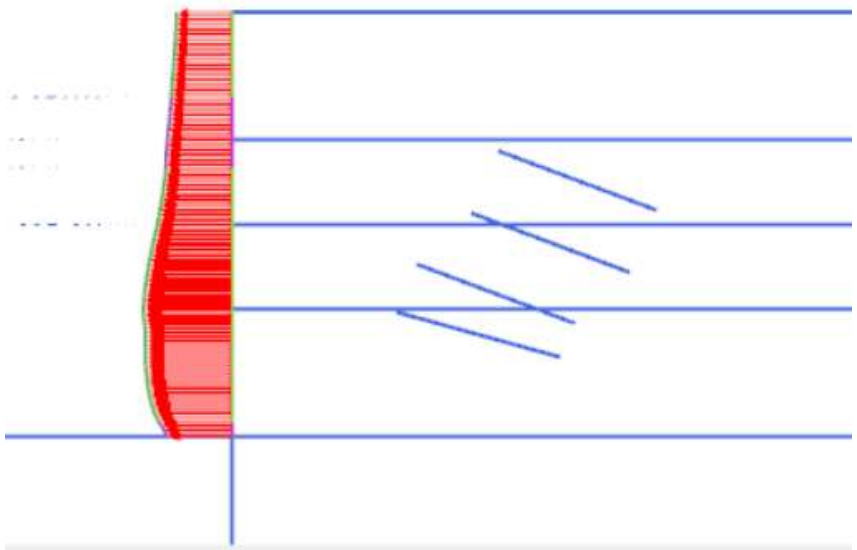


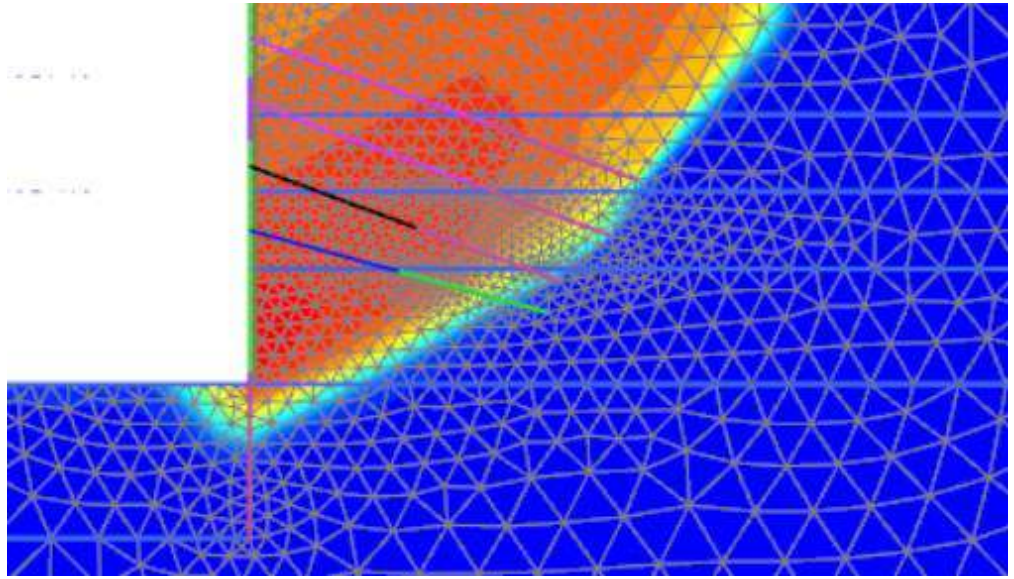
❑Modelos de Tensão - Deformação





- Processo construtivo dos muros incluído no dimensionamento
- Envolvente de Esforços



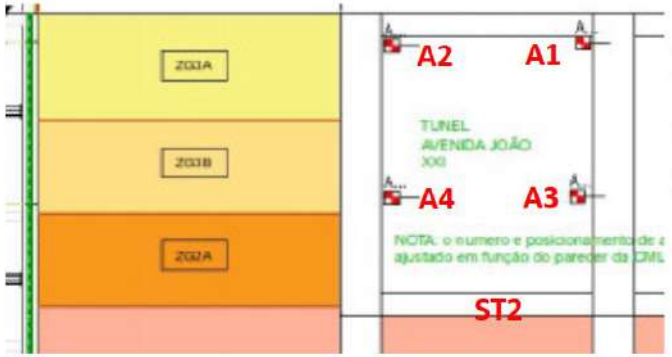


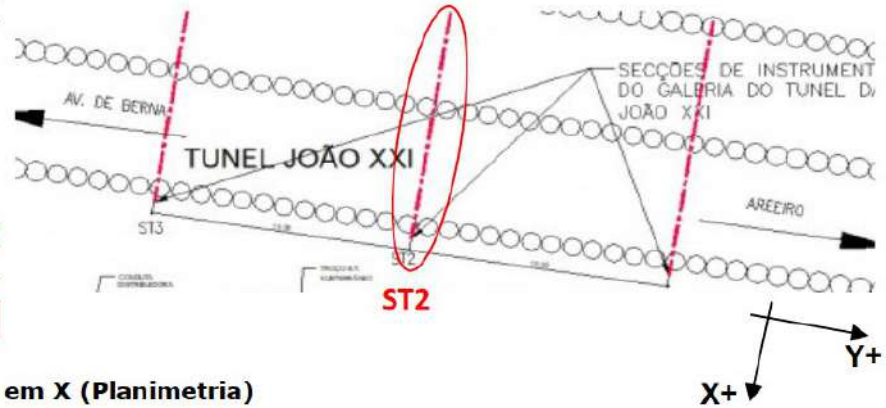
- Verificação de deformações dos muros durante o faseamento construtivo
- Verificação da estabilidade global da contenção com fator de segurança global superior a 1.5

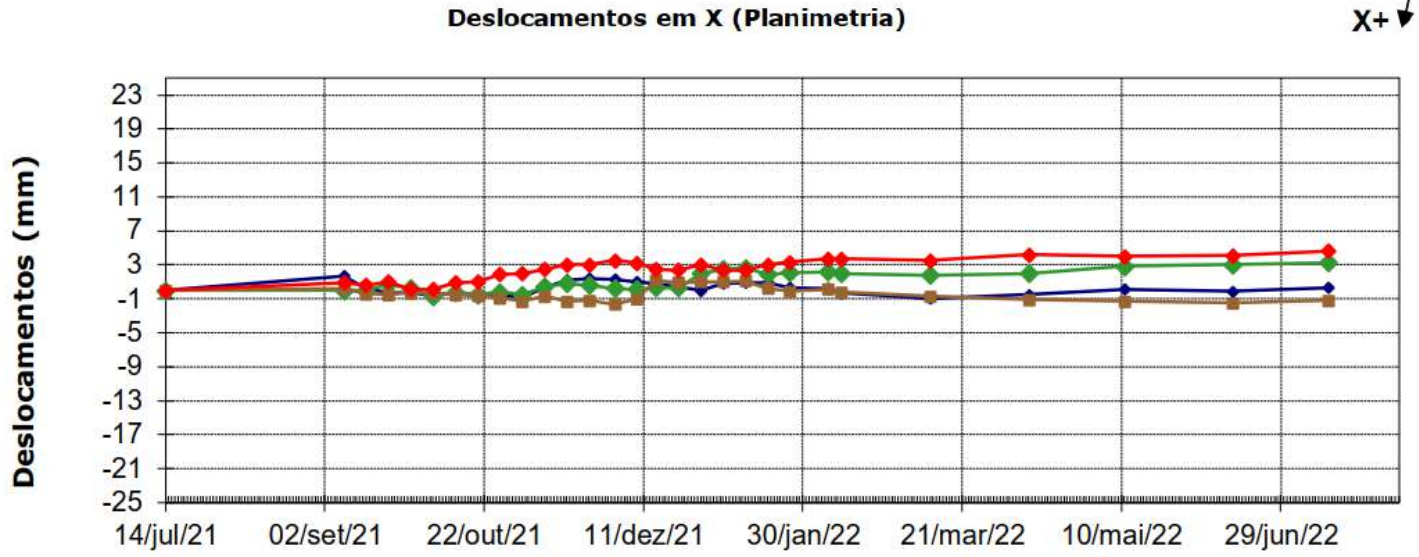
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

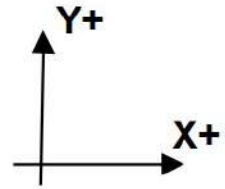
- Alvos Topográficos em todas as estruturas existente;
- Alvos Topográficos em todos as paredes muros de contenção periférica
- Células de cargas em algumas ancoragens provisorias
- Alvos Topográficos nas paredes do túnel sob a Av. João XXI

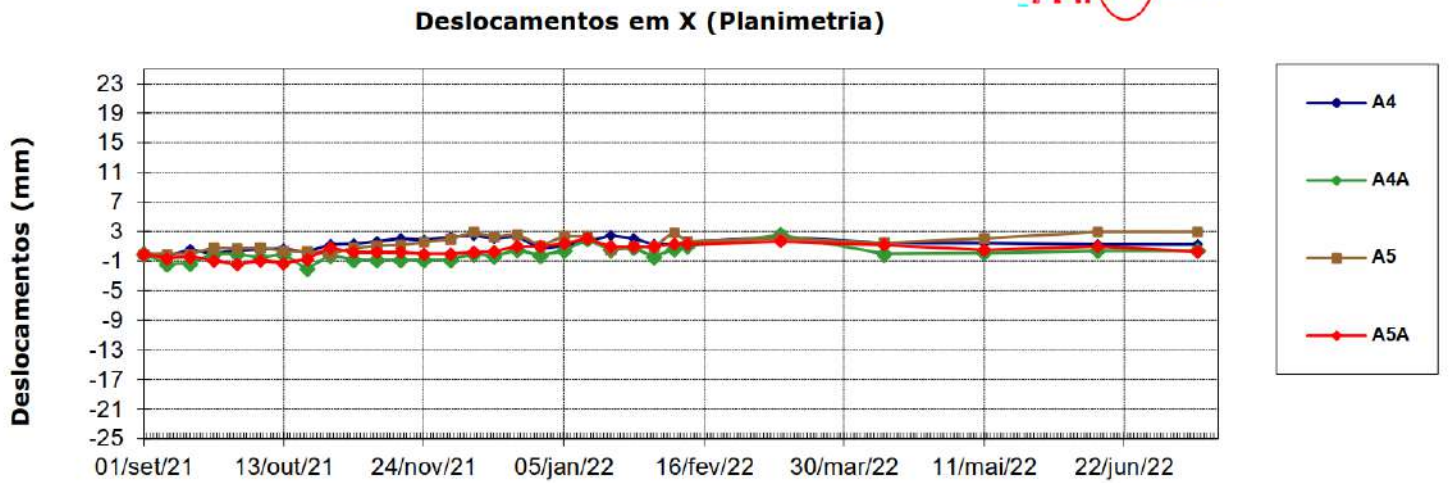




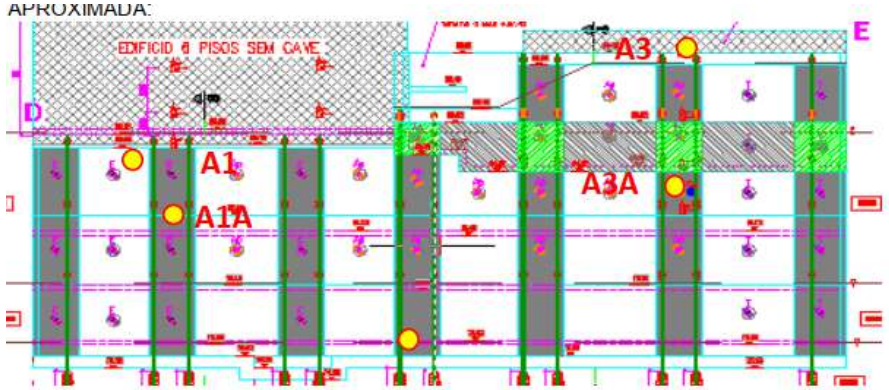


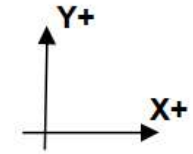
- Alvos Topográficos em todas as estruturas existente;
- Alvos Topográficos em todos as paredes muros de contenção periférica
- Células de cargas em algumas ancoragens provisorias
- Alvos Topográficos nas paredes do túnel sob a Av. João XXI

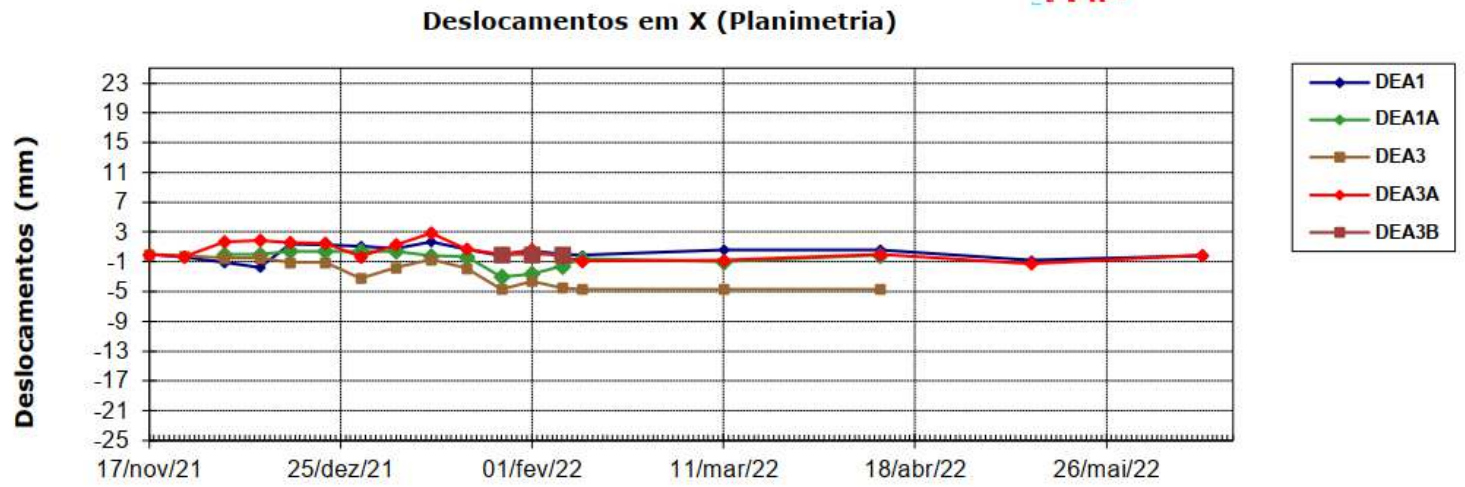




- Alvos Topográficos em todas as estruturas existente;
- Alvos Topográficos em todos as paredes muros de contenção periférica
- Células de cargas em algumas ancoragens provisorias
- Alvos Topográficos nas paredes do túnel sob a Av. João XXI







ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES ADOTADAS
- ANÁLISE NUMÉRICA
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Plano de Instrumentação e Observação como ferramenta fundamental para a gestão do risco em obras geotécnicas sensíveis
- Importância de confirmar em obra os pressupostos de projeto
- Comunicação entre os vários intervenientes na obra de forma a antecipar e a atuar, em tempo útil, perante situações imprevistas

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO

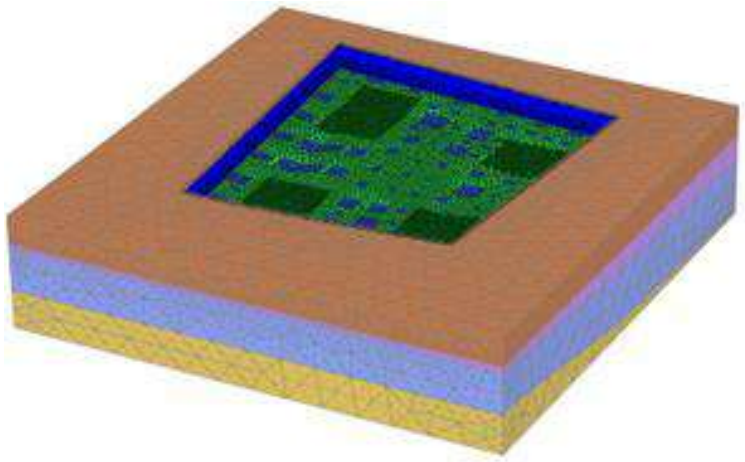
SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA NO EMPREENDIMENTO THE ONE, LISBOA

AGRADECIMENTOS

FICOPE KRONOS OMATAPALO GROUP

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

COMBINED PILE-RAFT AND RAFT FOUNDATION MODELLING AND DESIGN FOR THREE DISTINCT OFFICE BUILDINGS IN LISBON, PORTUGAL



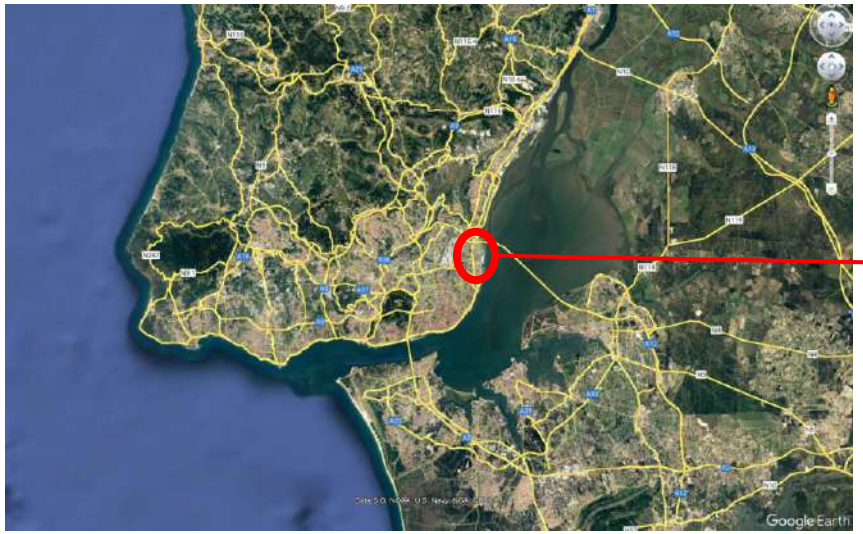
Sousa, André, JETsj Geotecnia

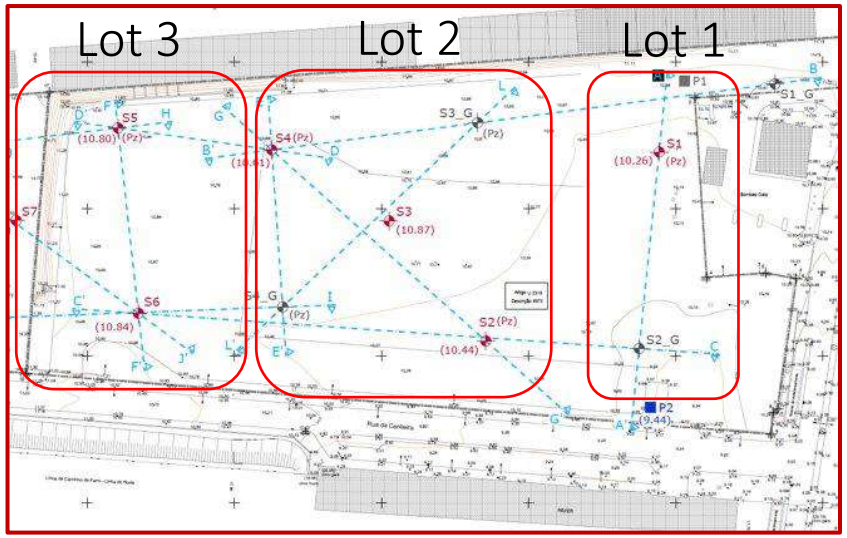
INDEX

- INTRODUCTION
- GEOTECHNICAL CONSTRAINTS
- SOLUTIONS
- IN SITU TESTS
- 3D FE MODELLING
- FOUNDATION DESIGN
- FINAL REMARKS

INTRODUCTION

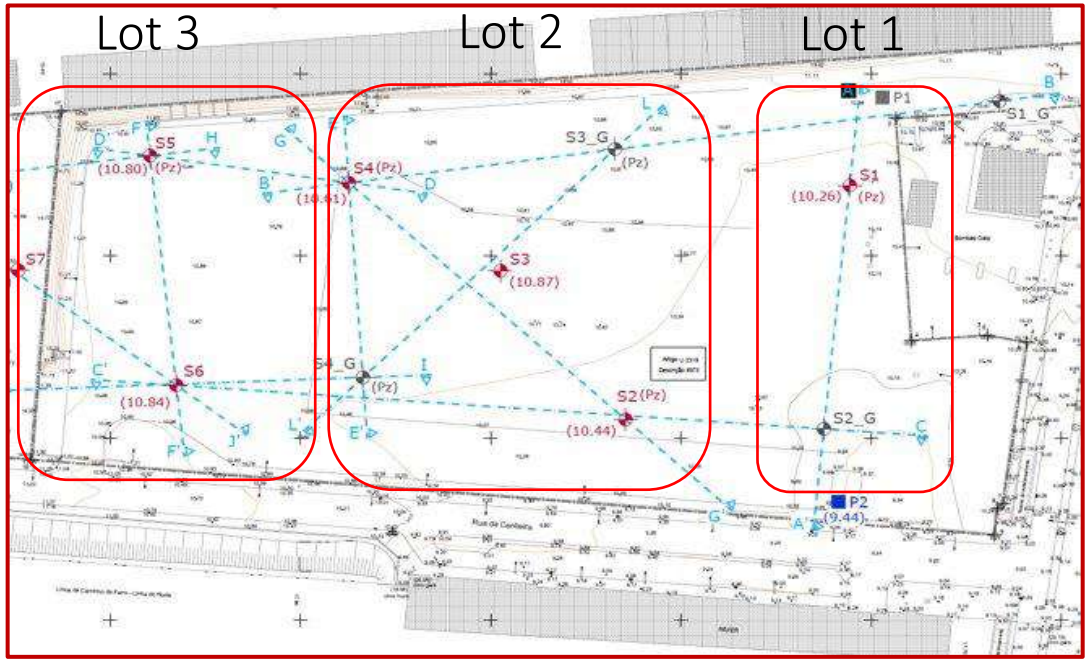
- Foundations for 3 office buildings in Lisbon, Portugal:
  - Lot 1 with 12 stories and 3 basements (2000m2);
  - Lot 2 with 9 stories and 2 basements (6350m2);
  - Lot 3 with 8 stories and 2 basements (5000m2).





GEOTECHNICAL CONSTRAINTS

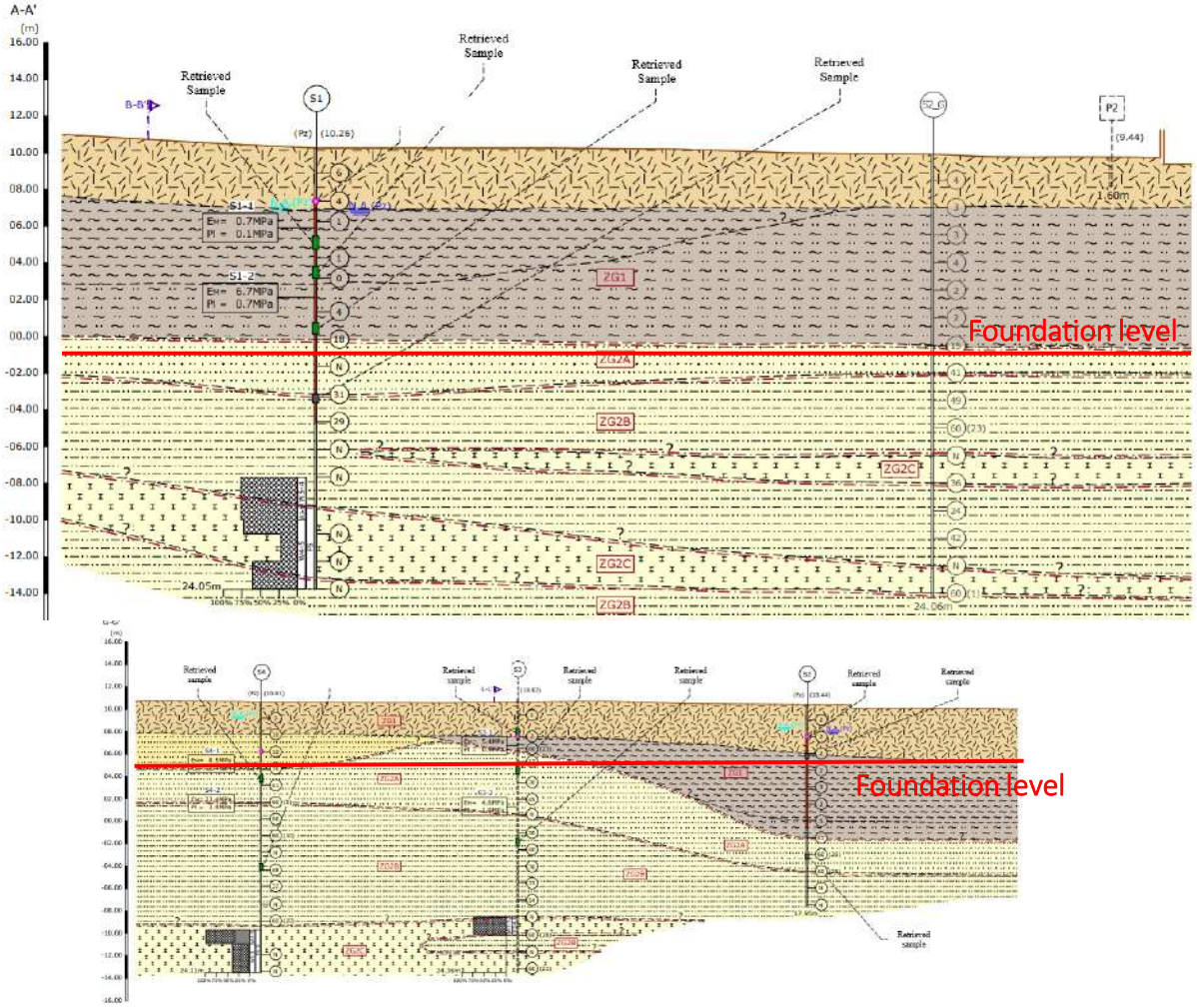
- Site investigation campaign with a total of 12 boreholes:
  - 2 for Lot 1
  - 5 for Lot 2
  - 5 for Lot 3



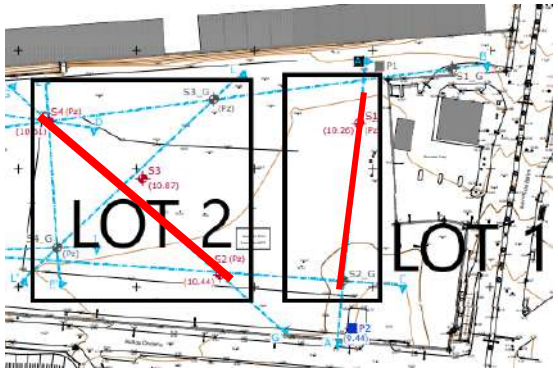
Samples were retrieved and sent to a lab for testing.

- Slug tests (soil permeability test)

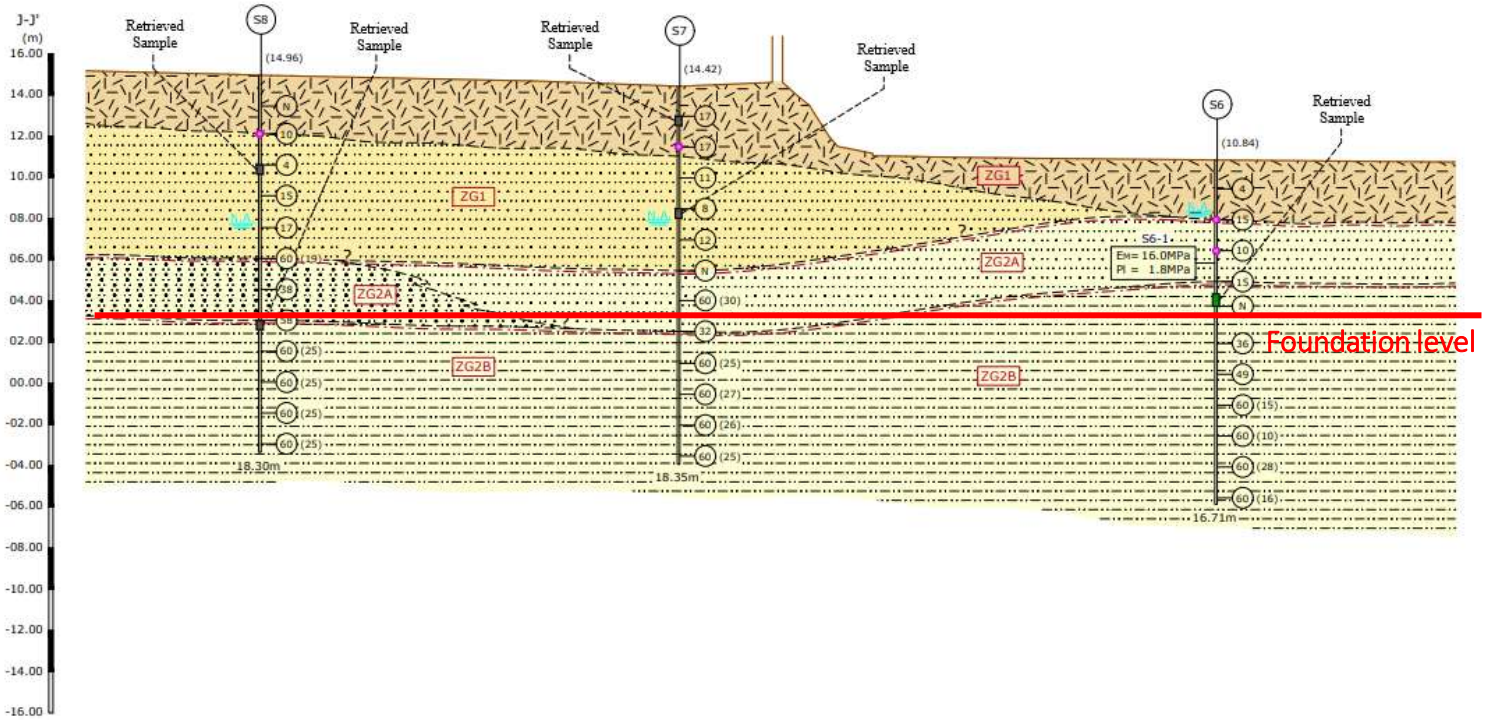
GEOTECHNICAL CONSTRAINTS



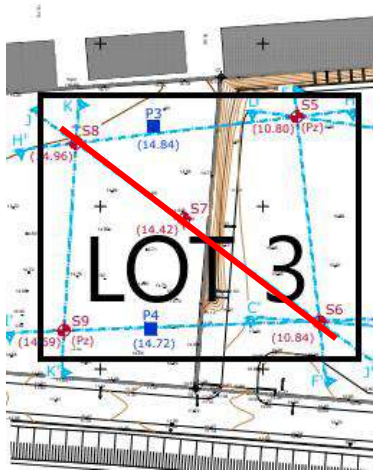
- Landfill
- Alluvial Deposits
- Miocene Sands and Clays



GEOTECHNICAL CONSTRAINTS



- Landfill
- ~~Alluvial Deposits~~
- Miocene Sands and Clays

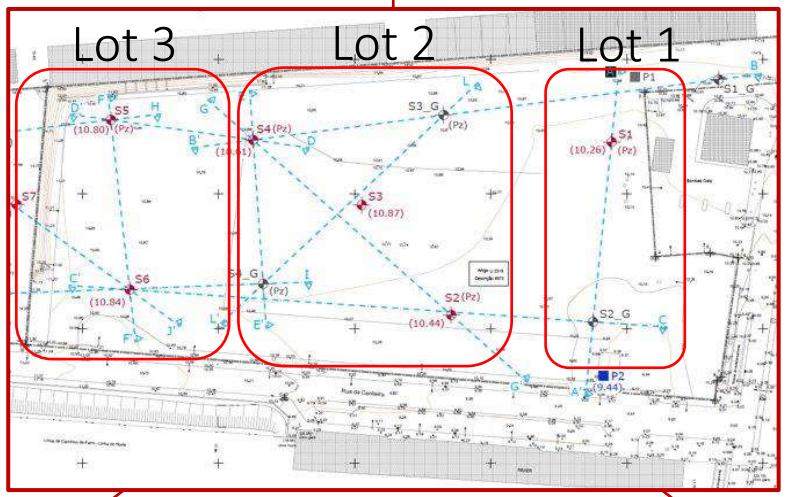


SOLUTIONS

LOT 3

Outcropping Miocene compact layer

Direct Foundations



LOT 1

Deeper foundation level due to having one more basement

Direct Foundations

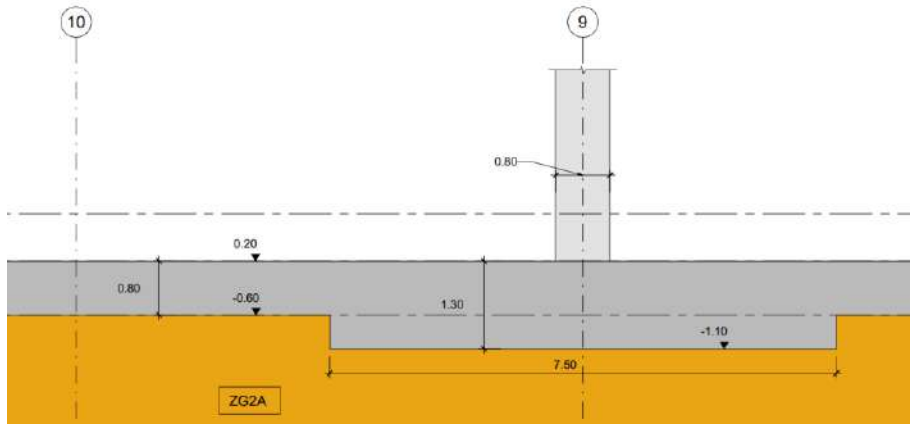
LOT 2

Thick alluvial deposits detected in the whole foundation area

Need for Indirect Foundations

RAFT FOUNDATION

- Continuous slab bolted to the retaining Wall;
- Greather thickness in areas with higher loads to control diferential settlements;
- Built to sustain long-term hydrostatic uplift pressures;

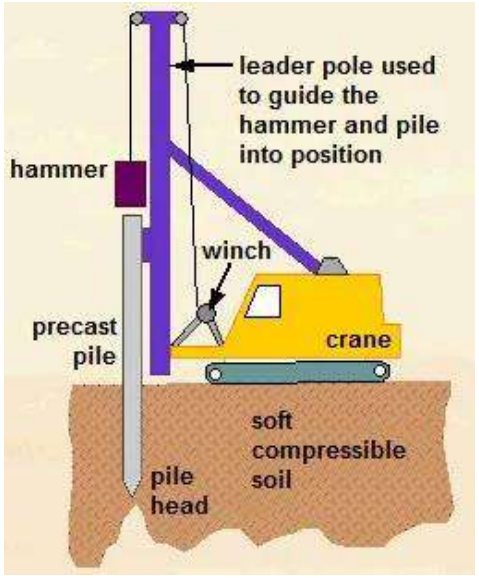


PILE-RAFT FOUNDATION

Soft compressible soil ⇨ Integrity of the piles

⇩

Economy, speed and safety



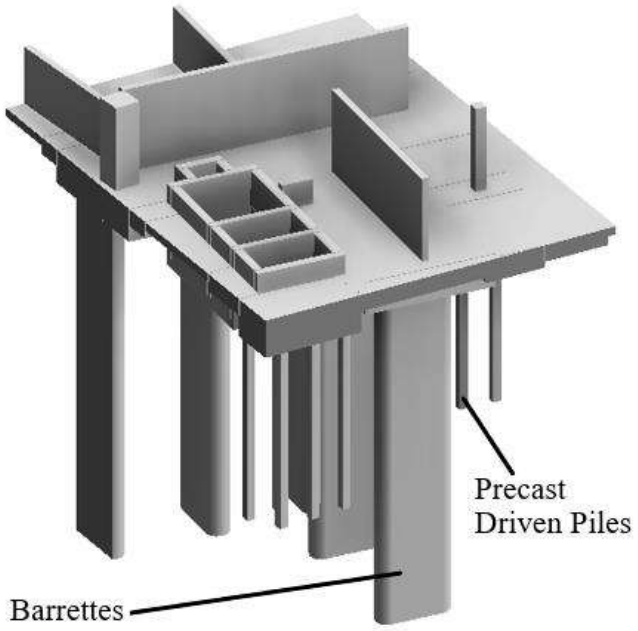
~~*Bored Piles (?)*~~

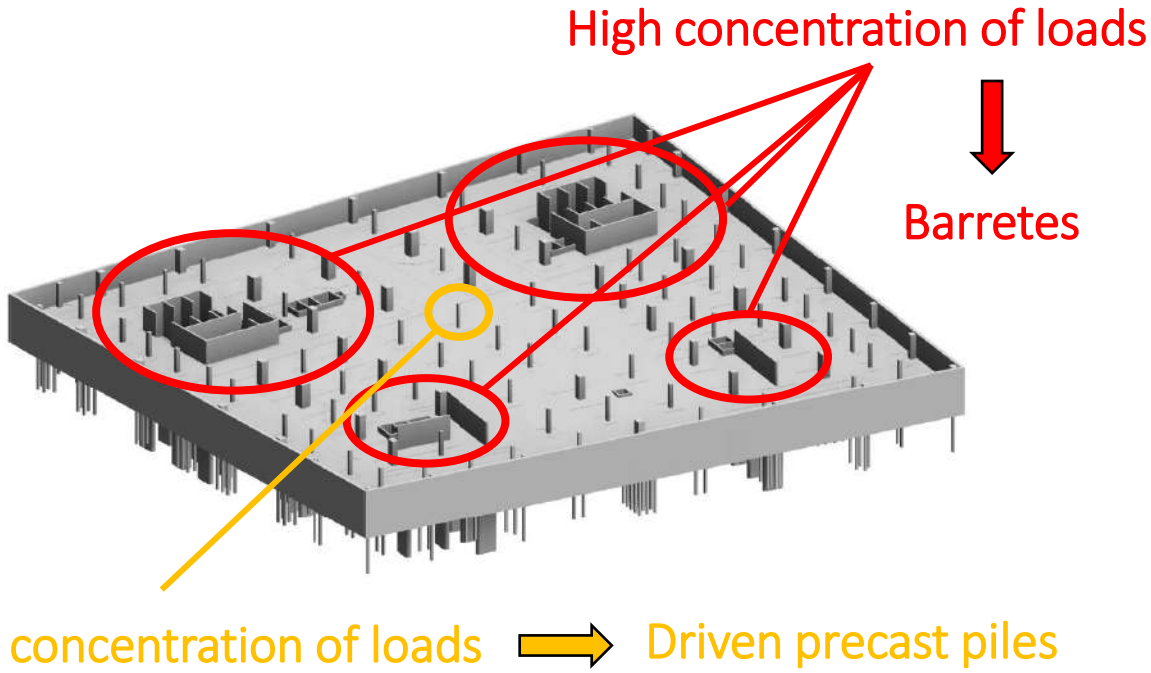
Driven Precast Piles

~~*Micro Piles (?)*~~

PILE-RAFT FOUNDATION

- Soil inclusions (Barretes and Driven Precast Piles) in areas with higher loads to control diferential settlements;





IN SITU TESTS

- 9 dynamic load tests with PDA method;
- Shaft resistance lower than 90kN/m2 ranging from 2.9m to 13.1 meter depths;
- Tip resistances, under this layer, was between 14.6 and 18.2 MPa.

8 meter precast driven pile

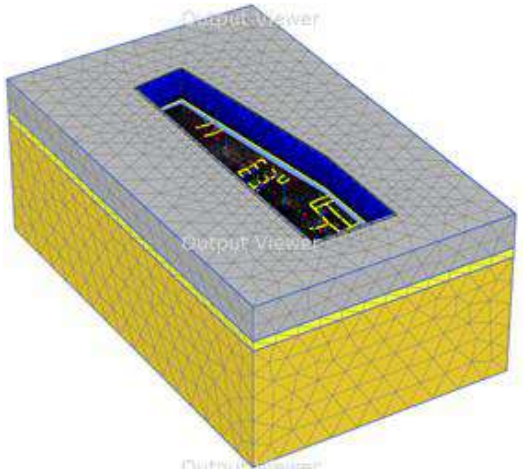
↓

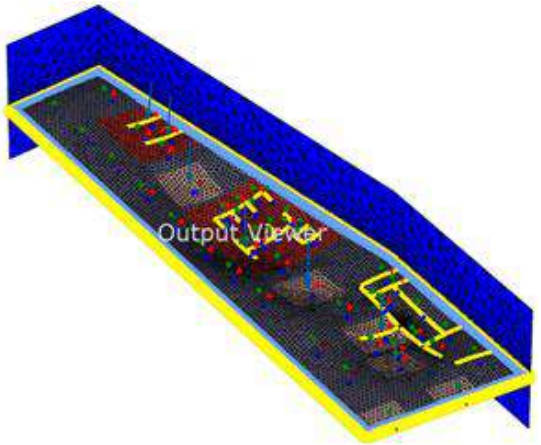
~800kN Shaft resistance

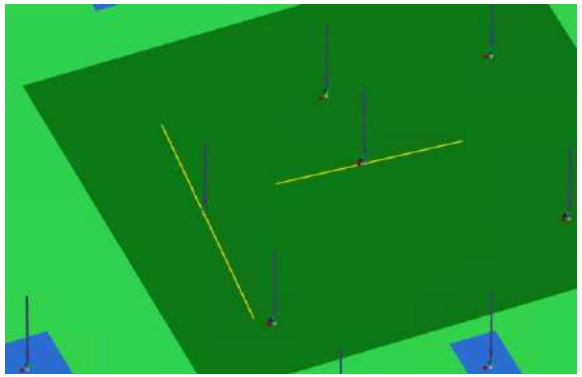
~450kN Tip resistance at 5MPa

3D FE MODELLING

- PLAXIS 3D FE Models were built to study the soil-structure interaction in the Raft Foundation:
  - The slabs were modeled as Plate Elements;
  - Structural Wall behaviour was simulated trough Rigid Beams;
  - Loads from the structure were transmitted to the foundations via Point Loads.

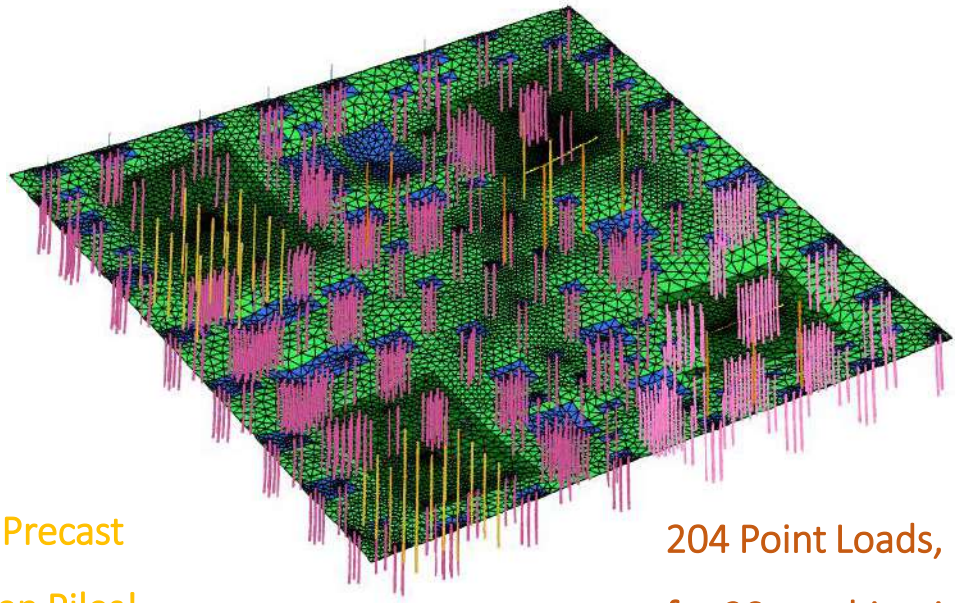






3D FE MODELLING

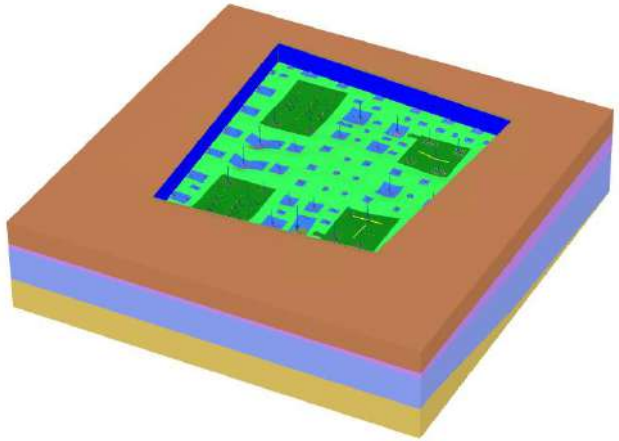
- Driven Precast Piles and Barretes were modelled with Embedded Beam elements.

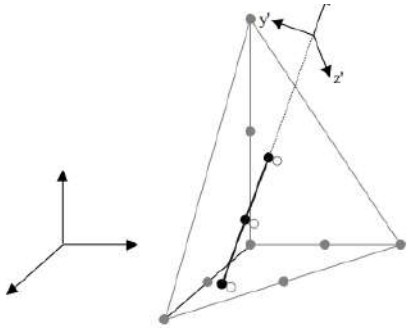


622 Precast Driven Piles!

41 Barretes!

204 Point Loads, for 20 combinations!

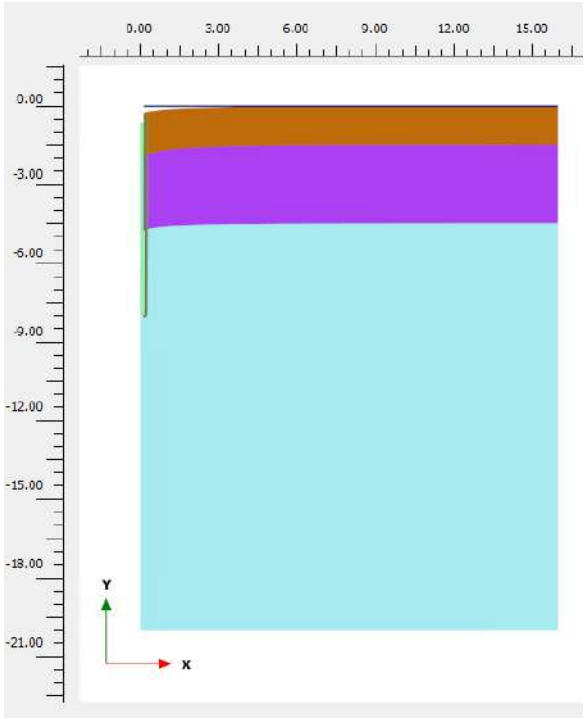


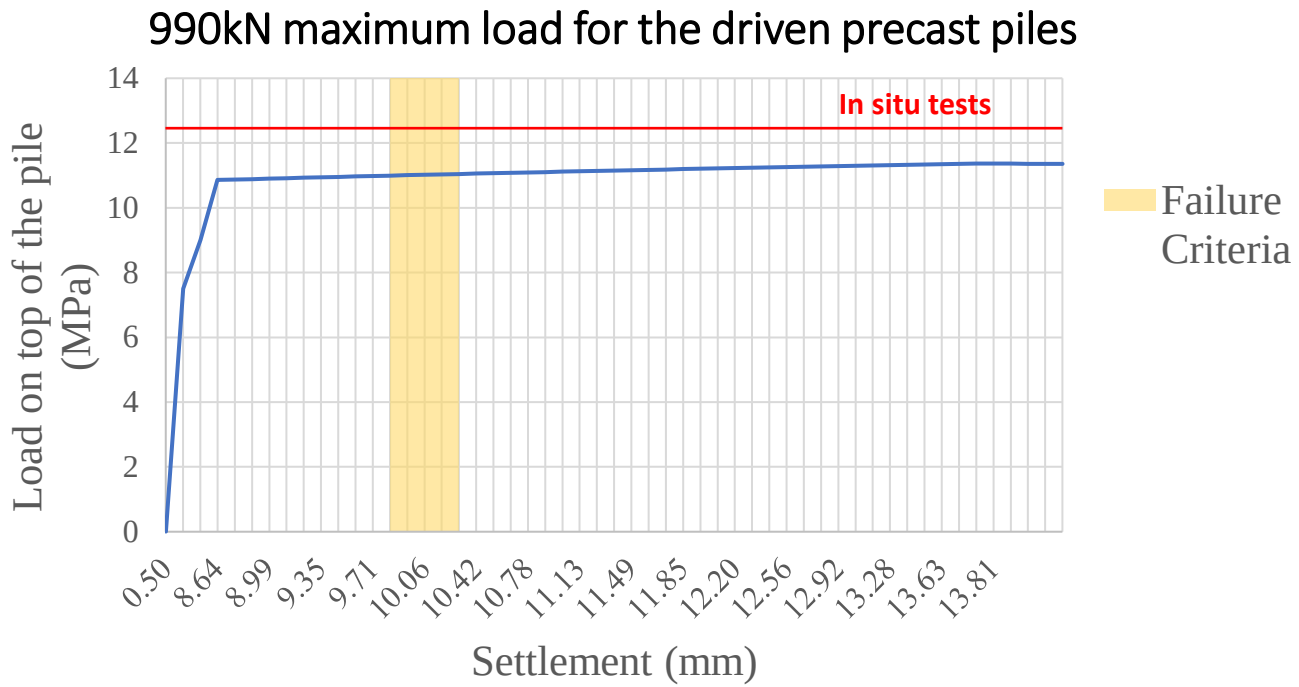


With a refined mesh, the model took **several hours** to run…

2D AXISSIMETRIC CALIBRATION MODEL

- PLAXIS 2D Axissimetric model for embedded beam calibration;
- Results show and agreement between in situ tests and the model results.





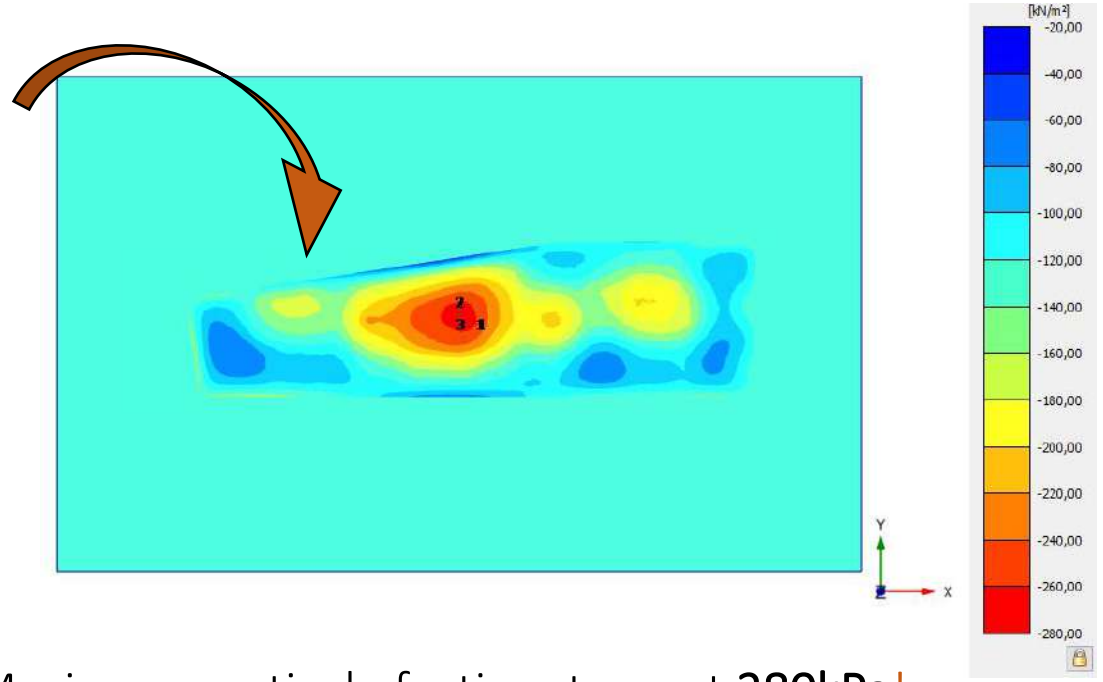
FOUNDATION DESIGN

- There was a need to evaluate the results from the models;
- Iterative process of calibrating the model.

SLS Load Distribution

on the soil directly

below the foundation

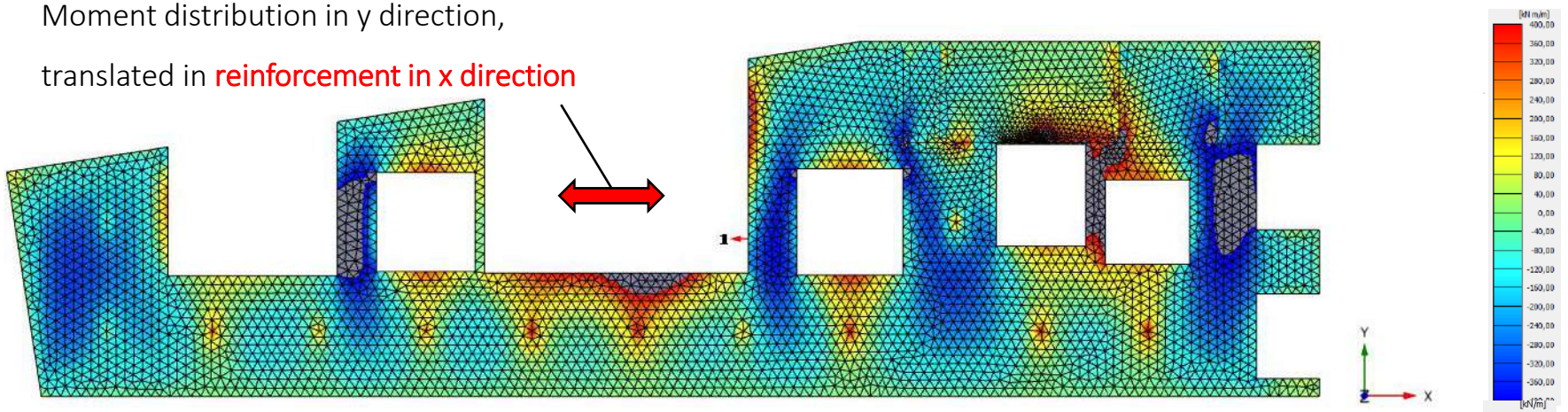


Maximum vertical efective stress at **280kPa**!

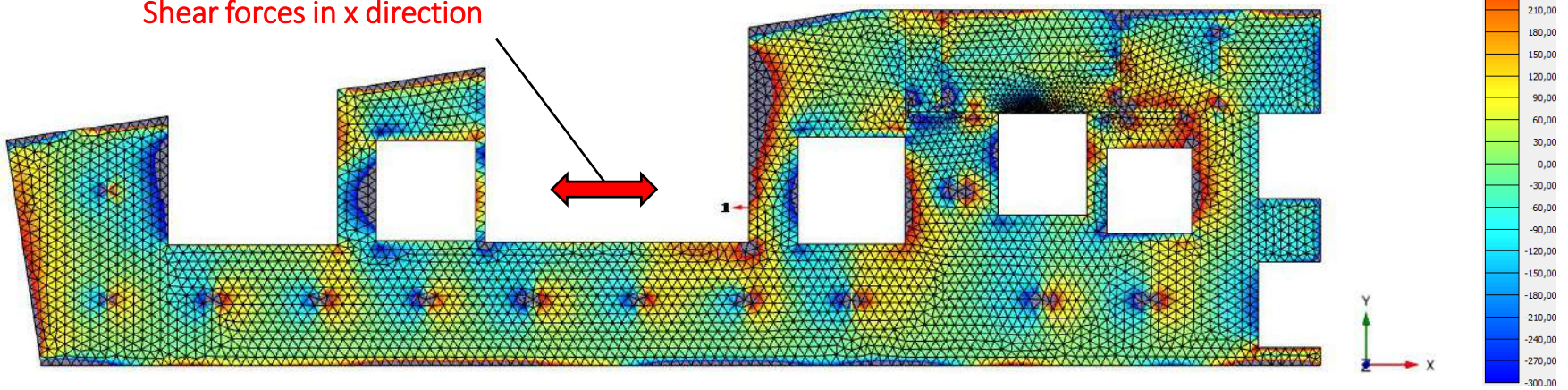
ULTIMATE LIMIT STATES

Moment distribution in y direction,

translated in reinforcement in x direction

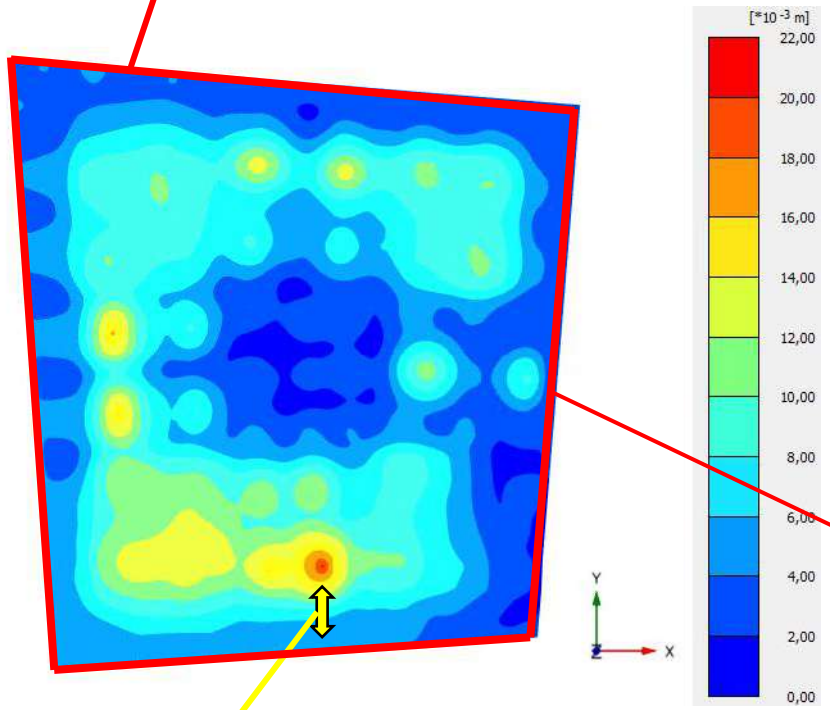


Shear forces in x direction



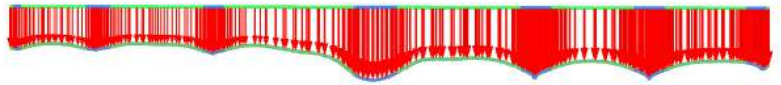
FOUNDATION DESIGN

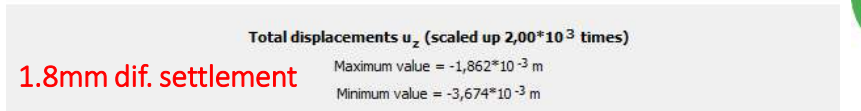
Glass façade!



Diferential Settlements

- Diferential Settlements;
- Maximum total Settlements;
- Settlements in the façade due to architecture limitations.





1.8mm dif. settlement

FINAL REMARKS

3D FE MODELS VS EMPIRICAL METHODS

PROS

- Able to capture complex soil-strucutre interactions;
- Easier to re-do all calculations when there are changes to the structural system;
- Provides high quality result presentation for the projects.

CONS

- High amount of time to run the calculation;
- Difficult to calibrate due to high calc. time;
- Difficulty building large models without using any kind of programming;

As processing power increases… the balance starts to shift towards computational methods…

COMBINED PILE-RAFT AND RAFT FOUNDATION MODELLING AND DESIGN FOR THREE DISTINCT OFFICE BUILDINGS IN LISBON, PORTUGAL

AGRADECIMENTOS

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

DEEP AND COMPLEX EXCAVATION IN AN URBAN ENVIROMENT IN MIRAFLORES, OEIRAS

Miguel dos Ramos

mramos@jetsj.com

JOSÉ FOLQUE AWARD

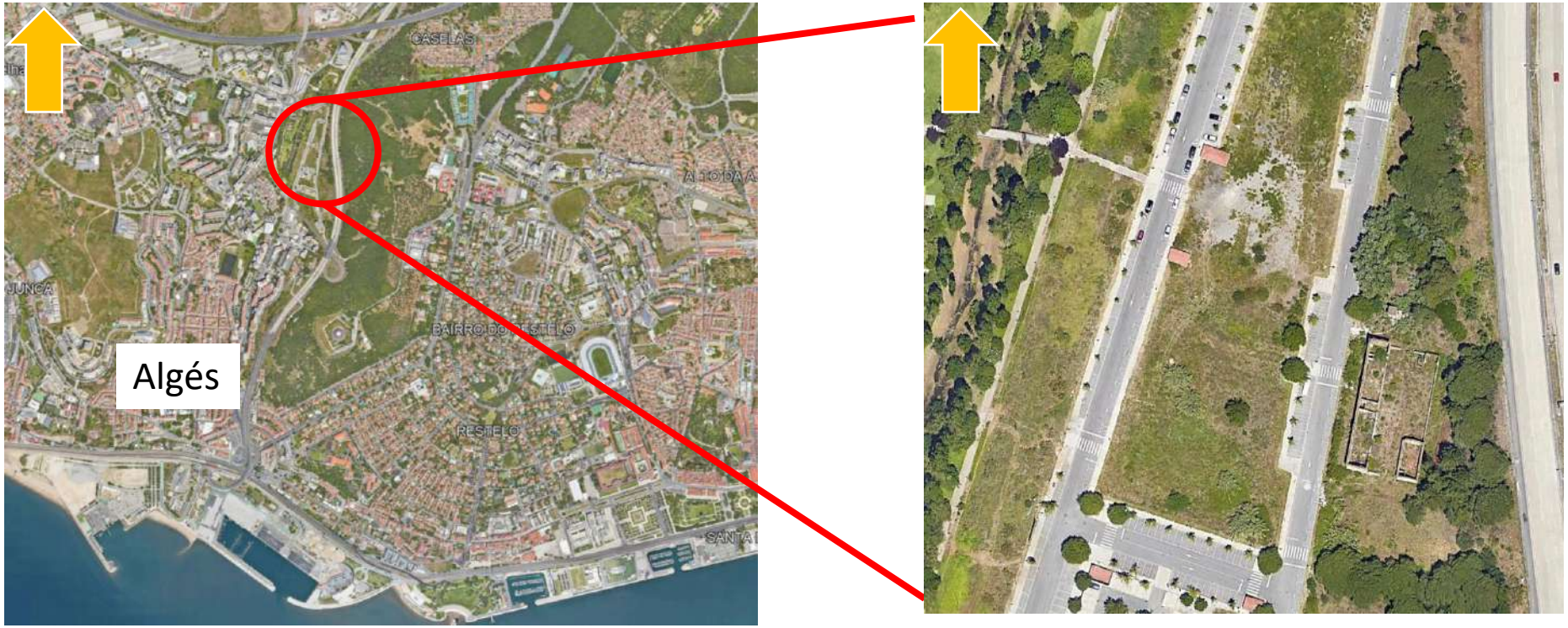
ÍNDICE

- PROJECT OVERVIEW
- MAIN RESTRAINTS
- PROPOSED SOLUTION
- ANALYSIS
- MONITORING PLAN
- CONCLUSION

ÍNDICE

- PROJECT OVERVIEW
- MAIN RESTRAINTS
- PROPOSED SOLUTION
- ANALYSIS
- MONITORING PLAN
- CONCLUSION

- Construction site located in Miraflores, Oeiras
- Over 6000 m2 plot with three-levels below ground

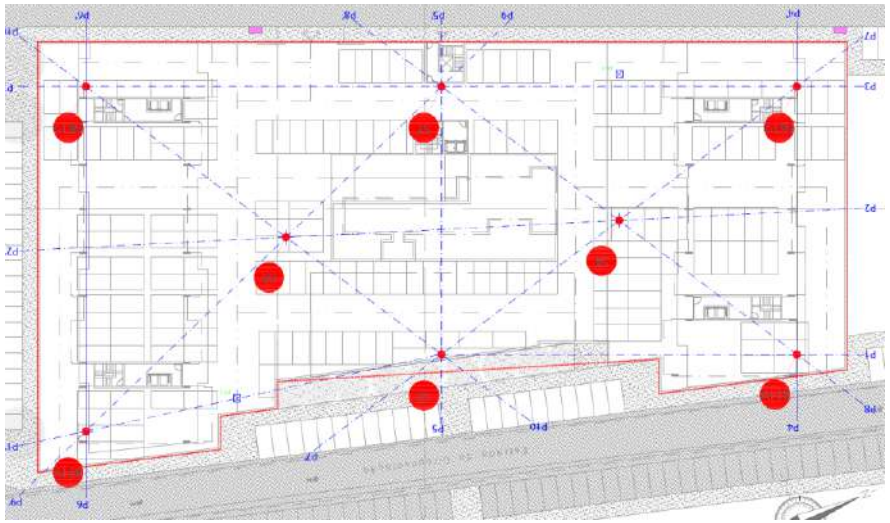


- Construction site located in Miraflores, Oeiras
- Over 6000 m2 plot with three-levels below ground

ÍNDICE

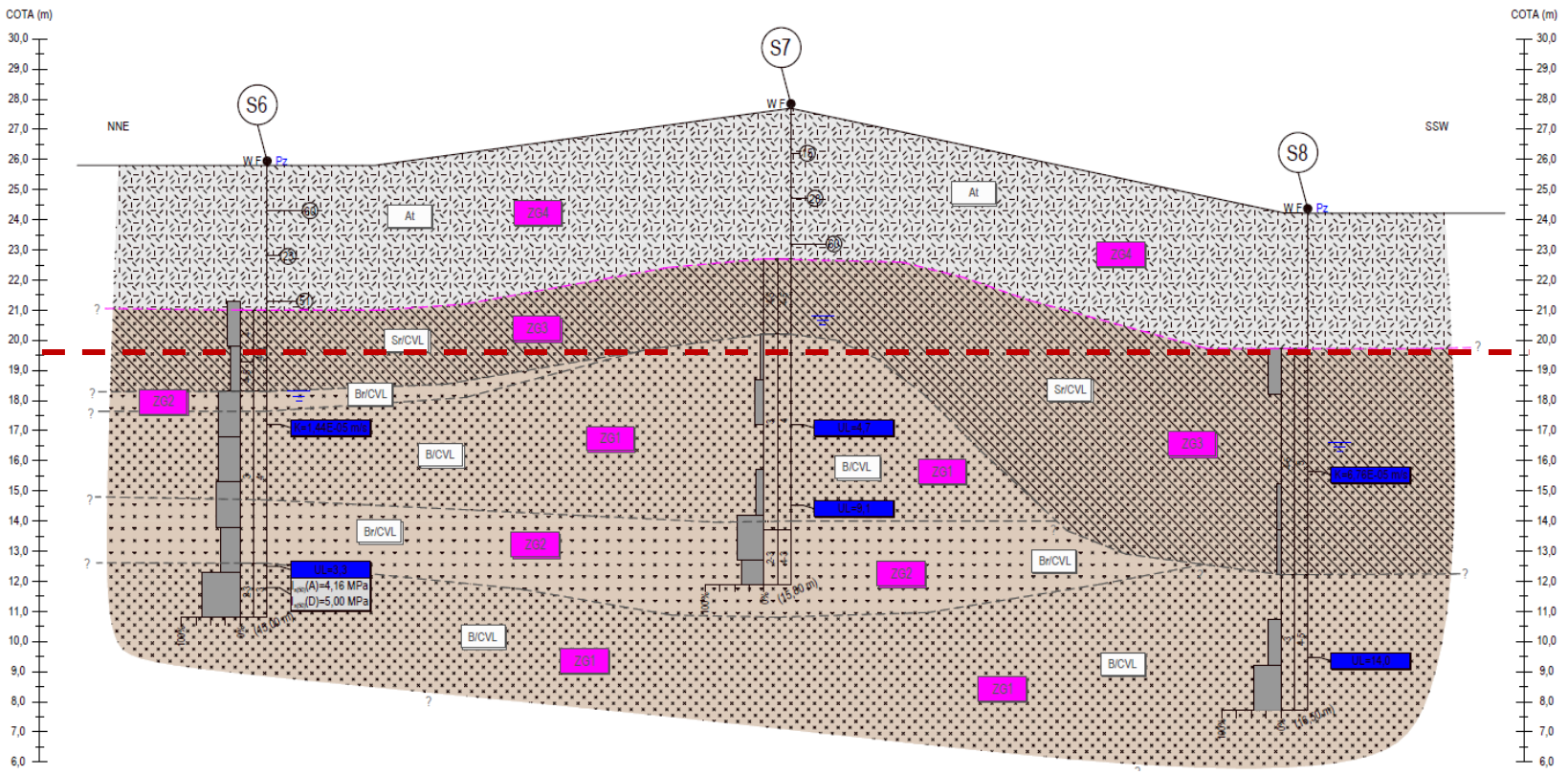
- PROJECT OVERVIEW
- MAIN RESTRAINTS
- PROPOSED SOLUTION
- ANALYSIS
- MONITORING PLAN
- CONCLUSION

- Geological and geotechnical Conditions
- Site Investigation thought 8 borehole
- Four geotechnical zones determined
- Point load test - 180MPa to 6000MPa
- Permeability test - 1x10-5 cm/s (average)
- Water table near excavation bottom



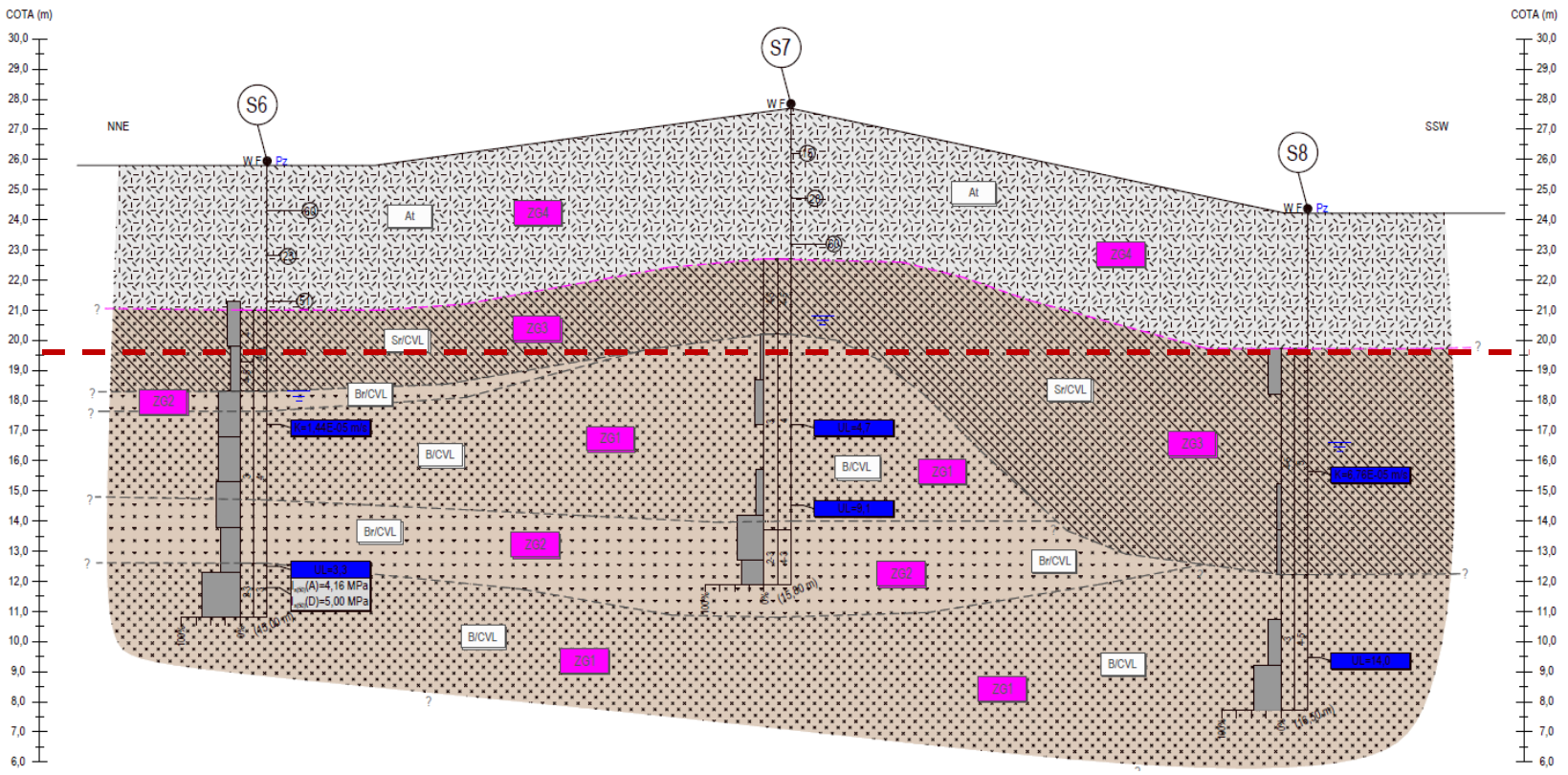
- Geological and geotechnical Conditions

  Four Geotechnical zones determined – West Elevation



- Geological and geotechnical Conditions

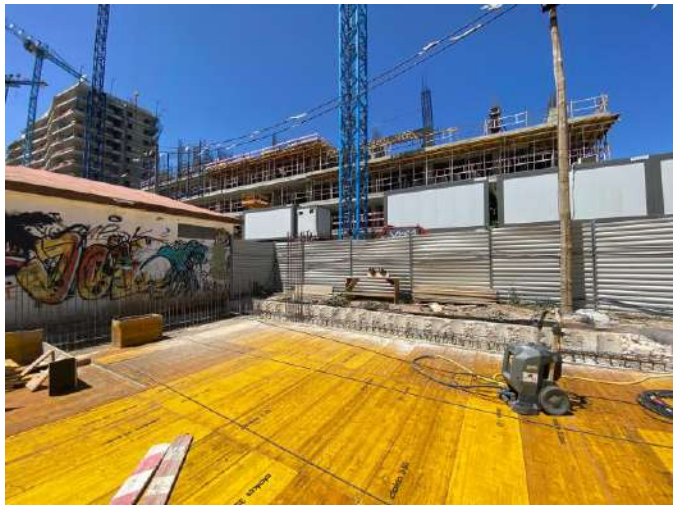
  Four Geotechnical zones determined – East Elevation



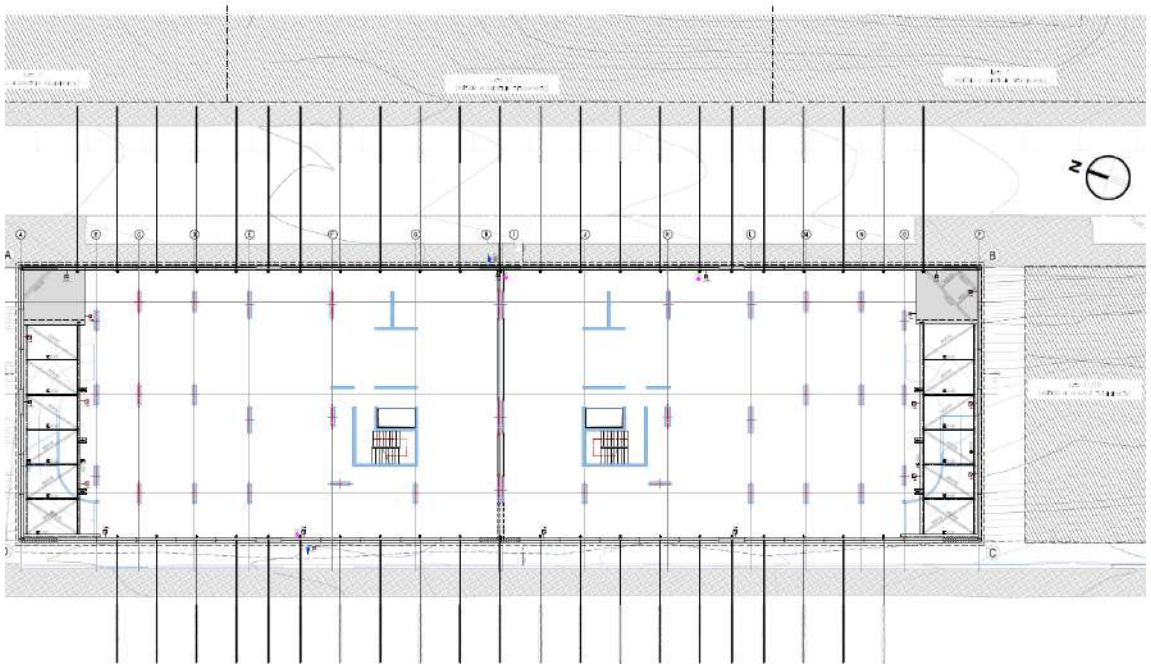
- Geological and geotechnical Conditions

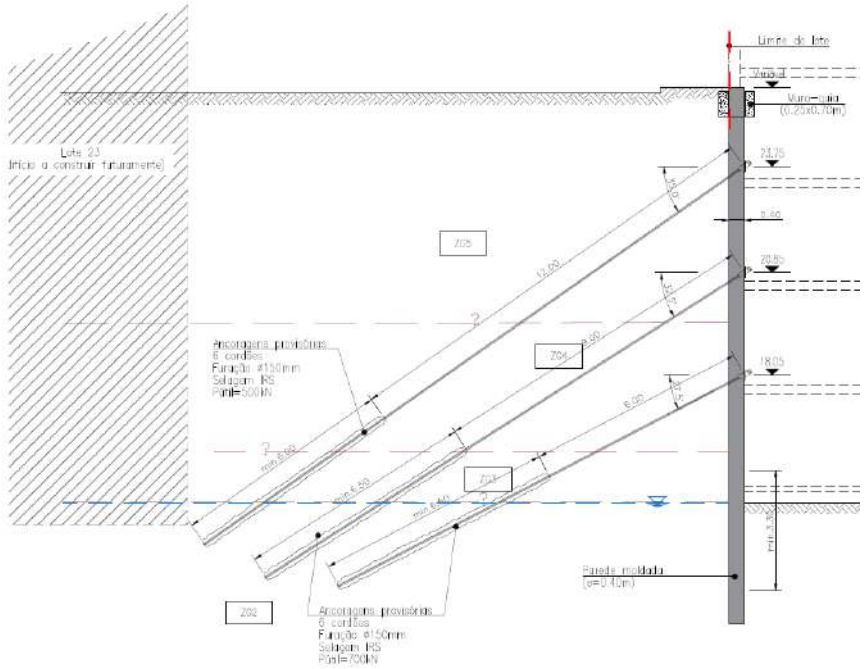
  Four Geotechnical zones determined

- Construction Restraints
  - South and East elevations with roadways
  - North elevation next to a empty lote
  - Substations transformers adjacent to the plot limit
  - West elevation has a nearby excavation taking place



- Construction Restraints
  - West elevation has an excavation nearby taking place with diaphragm wall and tempory ground anchors

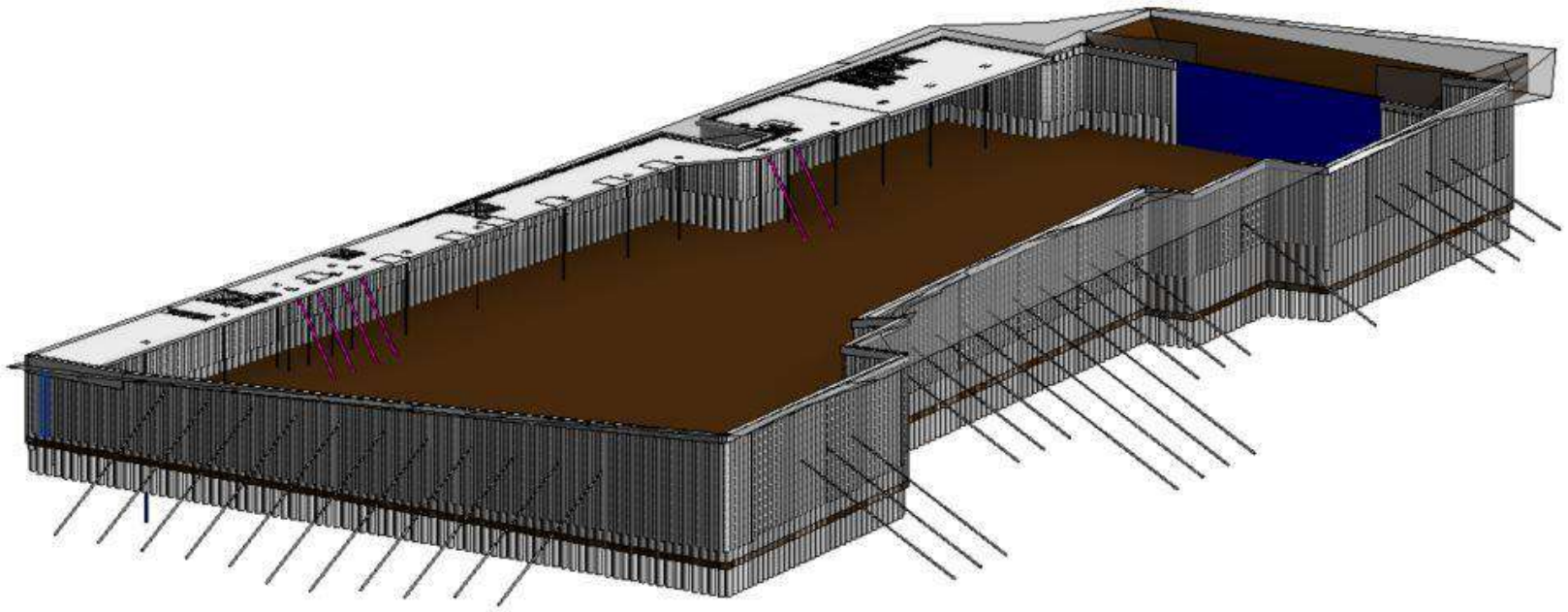




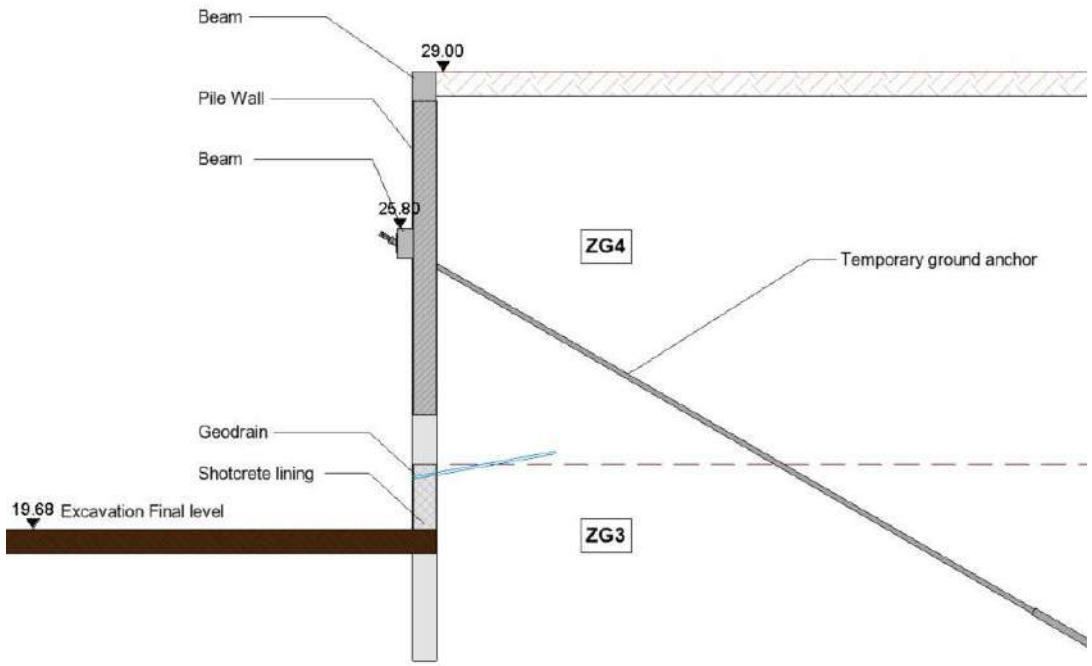
ÍNDICE

- PROJECT OVERVIEW
- MAIN RESTRAINTS
- **PROPOSED SOLUTION**
- ANALYSIS
- MONITORING PLAN
- CONCLUSION

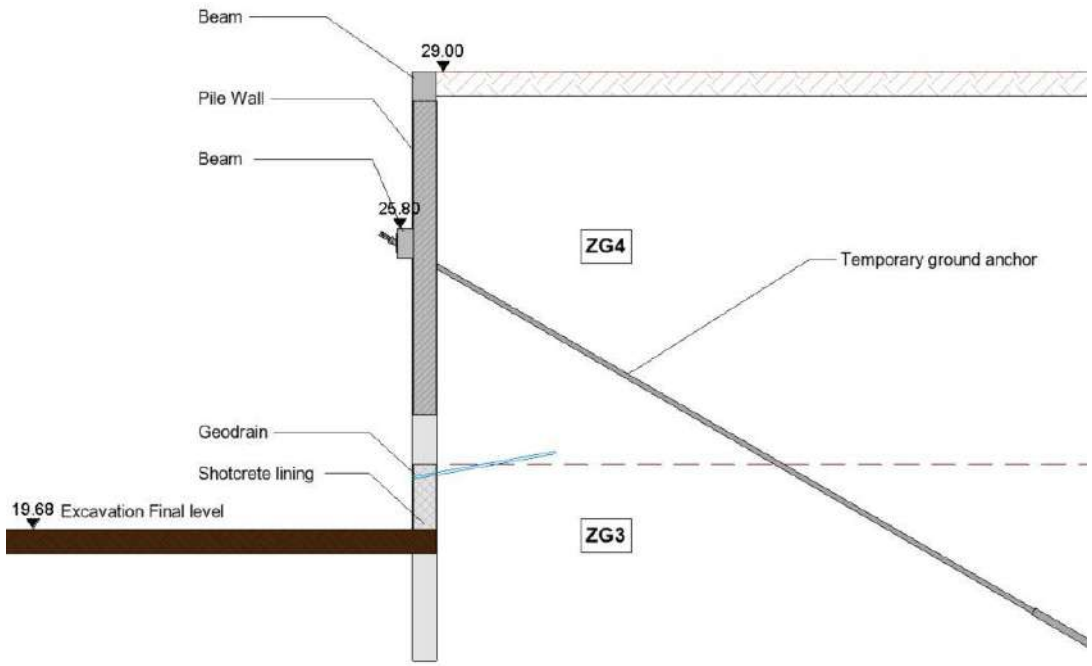
- Proposed Solution
  - Pile wall consisted of Ø500 mm piles spaced 400 mm braced by one level of temporary ground anchors
  - 120 m strip slab



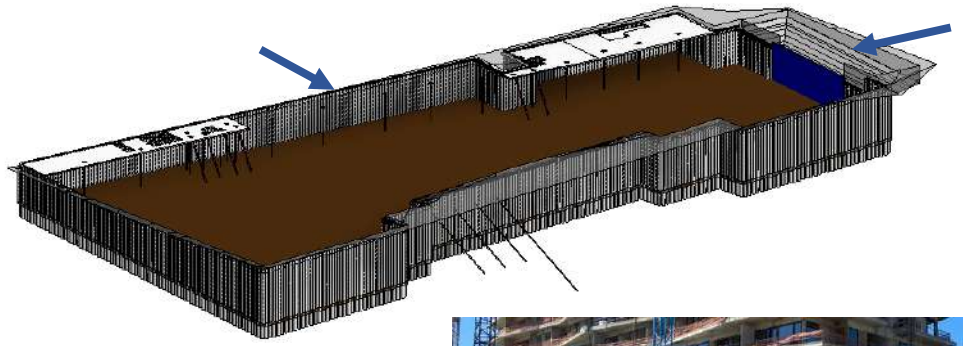
- Proposed Solution
  - Pile wall consisted of Ø500 mm piles spaced 400 mm braced by one level of temporary ground anchors

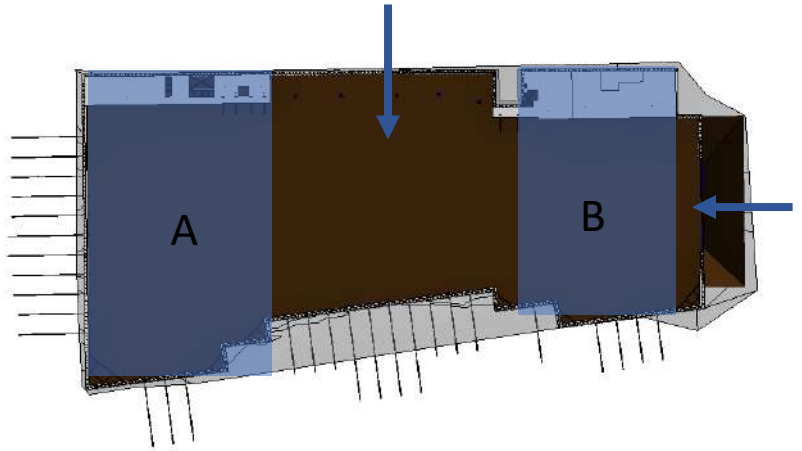


- Proposed Solution
  - Pile wall consisted of Ø500 mm piles spaced 400 mm braced by one level of temporary ground anchors

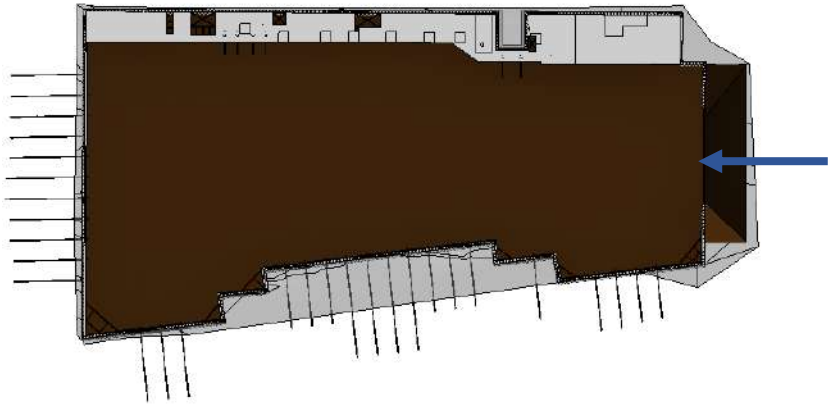


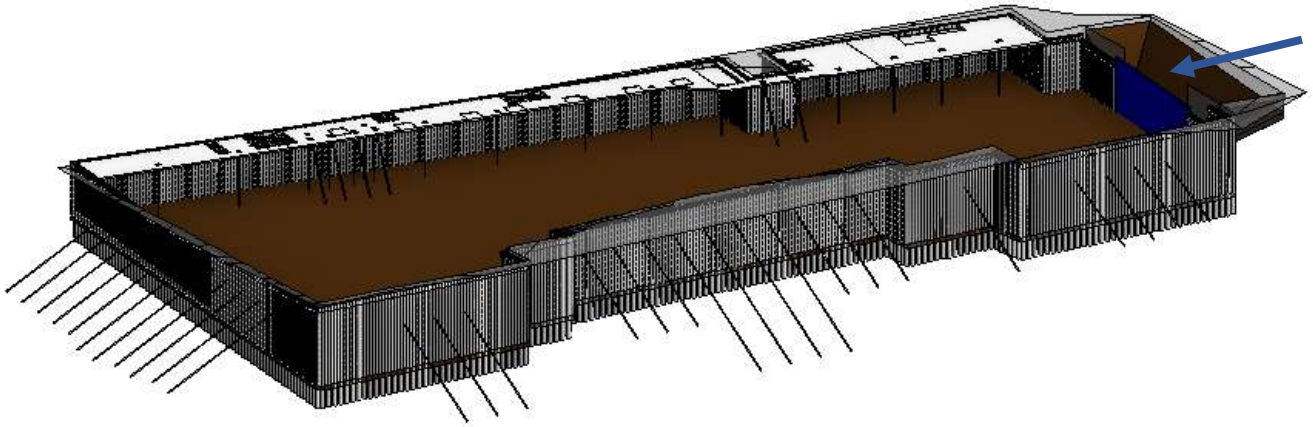
- Proposed Solution
  - Phase A – 2 x 40 meter strip slab





- Proposed Solution
  - Phase B – unique 120 meter strip slab



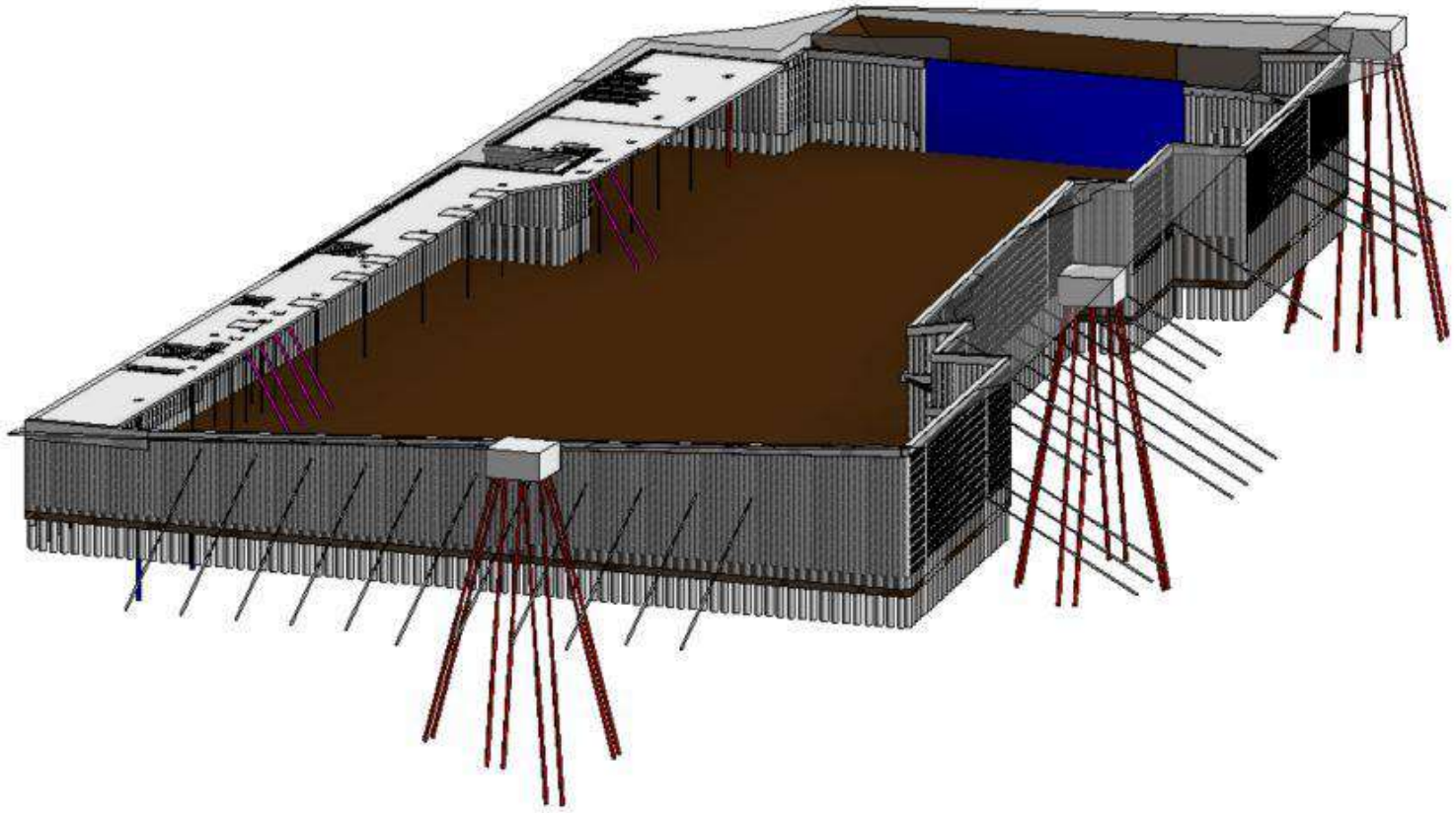


ÍNDICE

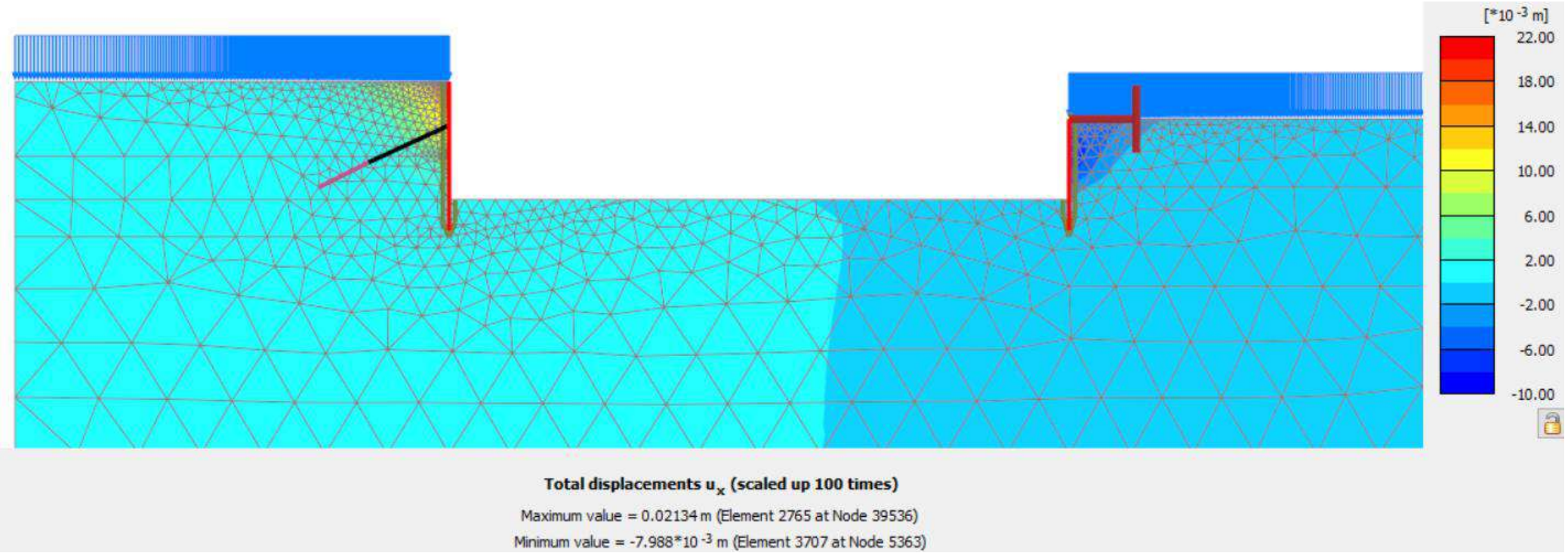
- PROJECT OVERVIEW
- MAIN RESTRAINTS
- PROPOSED SOLUTION
- **ANALYSIS**
- MONITORING PLAN
- CONCLUSION

- BIM software REVIT
- PLAXIS 2D used for numerical modelling and analysis
- ROBOT use for estrutural analysis and design of the strip slab

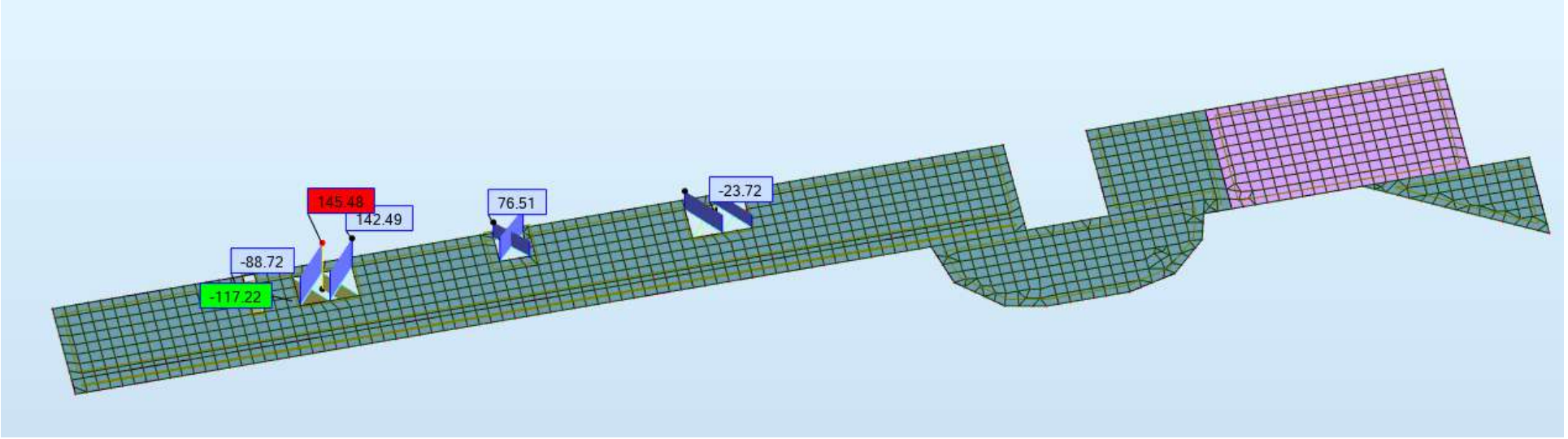
- BIM software REVIT



- PLAXIS 2D used for numerical modelling and analysis



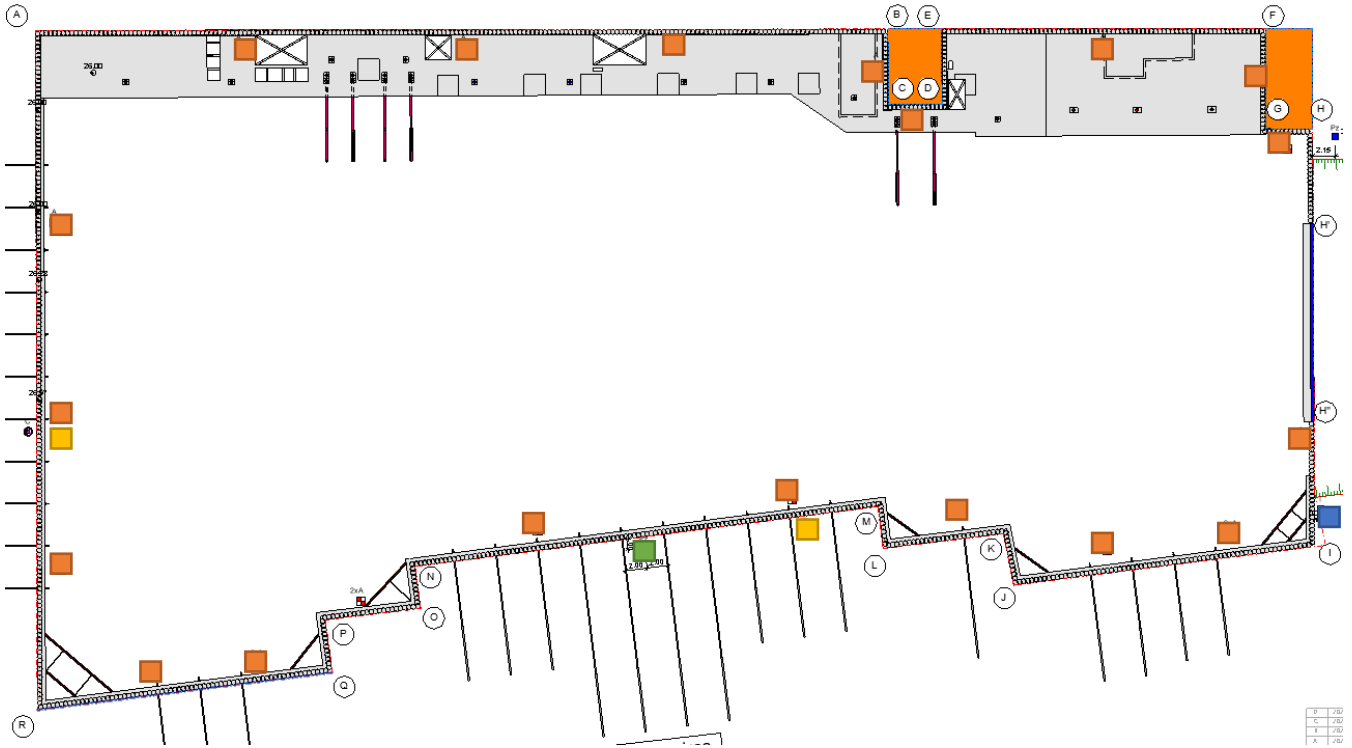
- ROBOT use for estrutural analysis and design of the strip slab



ÍNDICE

- PROJECT OVERVIEW
- MAIN RESTRAINTS
- PROPOSED SOLUTION
- ANALYSIS
- **MONITORING PLAN**
- CONCLUSION

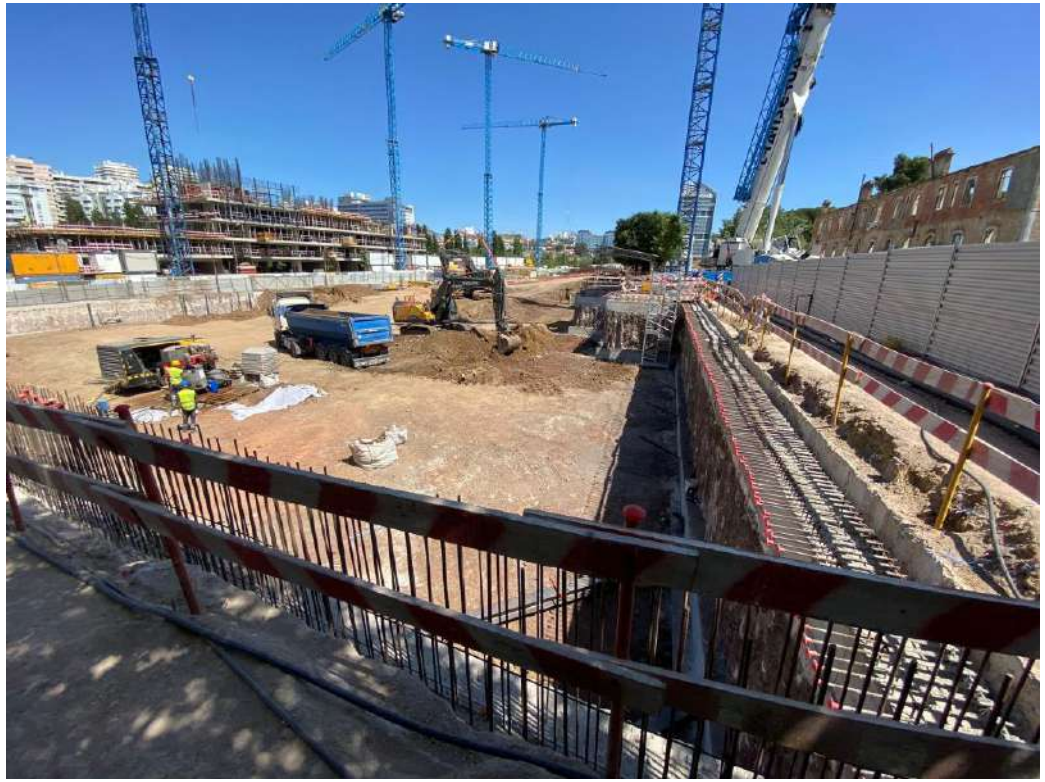
- Monitoring Plan
  - 30 surface measuring points
  - 1 inclinometer
  - 1 piezometer
  - 2 load cells



ÍNDICE

- PROJECT OVERVIEW
- MAIN RESTRAINTS
- PROPOSED SOLUTION
- ANALYSIS
- MONITORING PLAN
- **CONCLUSION**

- Deep excavation project in an urban area is always challenging work
- Utilizing advance software and monitoring allows for a safe and efficient excavation



DEEP AND COMPLEX EXCAVATION IN AN URBAN ENVIROMENT IN MIRAFLORES, OEIRAS

CANDIDATURAS AO PRÉMIO JOSÉ FOLQUE EM LÍNGUA PORTUGUESA E EM LÍNGUA INGLESA

18° Congresso Nacional de Geotecnia
Universidade de Évora, 14 - 17 | Maio | 2023

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA E FUNDAÇÕES NA PROXIMIDADE DE ESTRUTURAS SENSÍVEIS – O CASO QUINTA DOS CANDEEIROS

SOLUTIONS OF ESCAVATION AND PERIPHERAL EARTH RETAINING WALLS AND FOUNDATIONS NEAR SENSITIVE STRUCTURES – QUINTA DOS CANDEERIOS CASE

Ricardo Justiniano [a]

[a] JETsj Geotecnia

Candidatura Prémio José Folque - Português

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

ÍNDICE

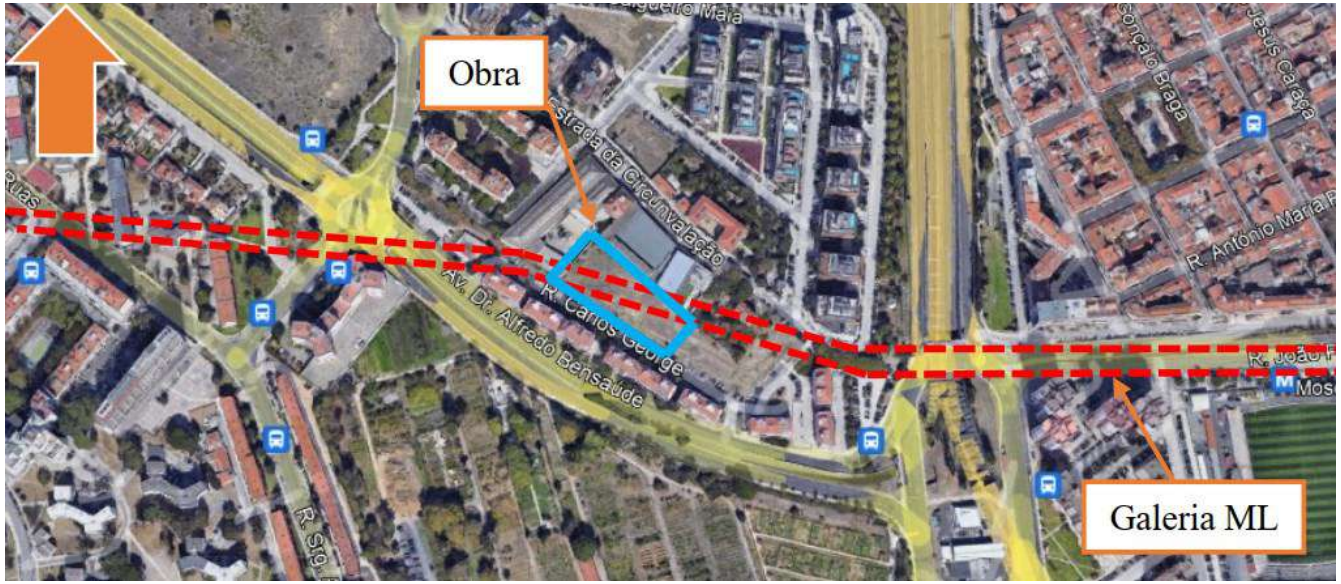
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Empreendimento Residencial

Lote 1 – Pisos Enterrados 2
Lote 2 – Pisos Enterrados 3

Galeria do Metropolitano de Lisboa (ML) atravessa os lotes a cerca de 4m abaixo do fundo de escavação.

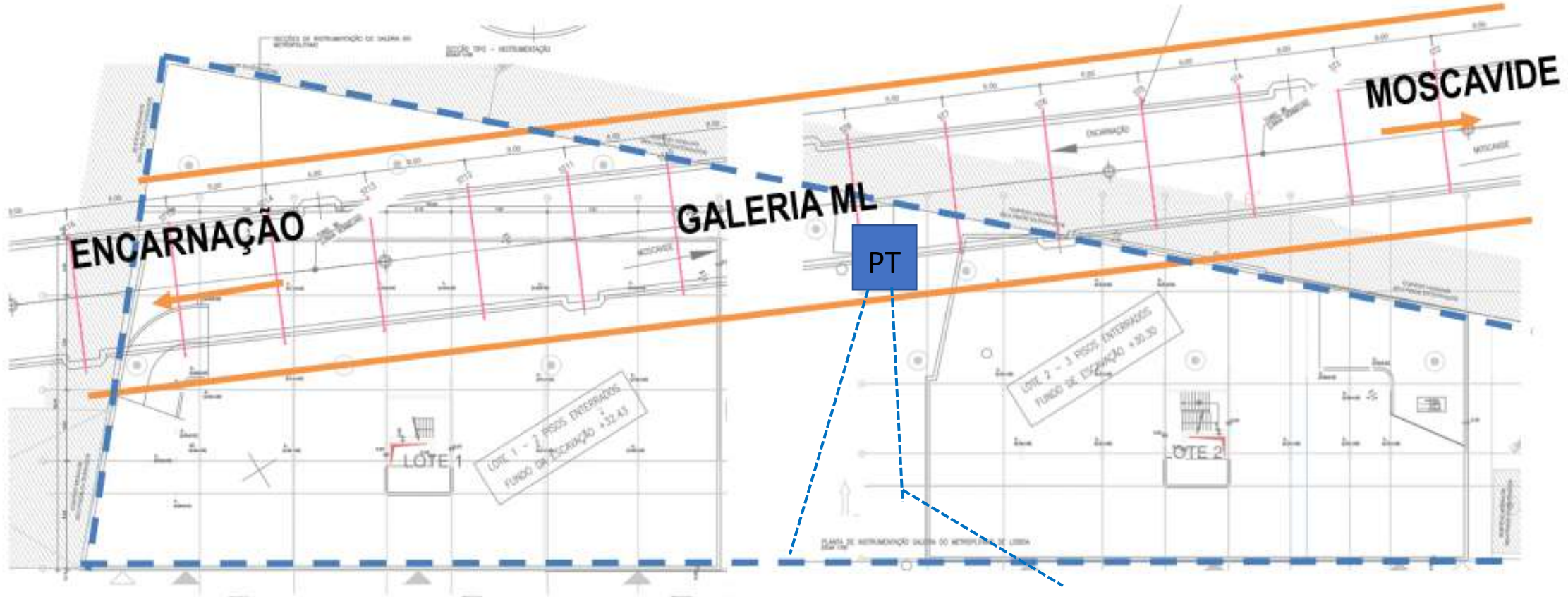
JETsj executou projetos de execução de fundações e de escavação e contenção periférica.



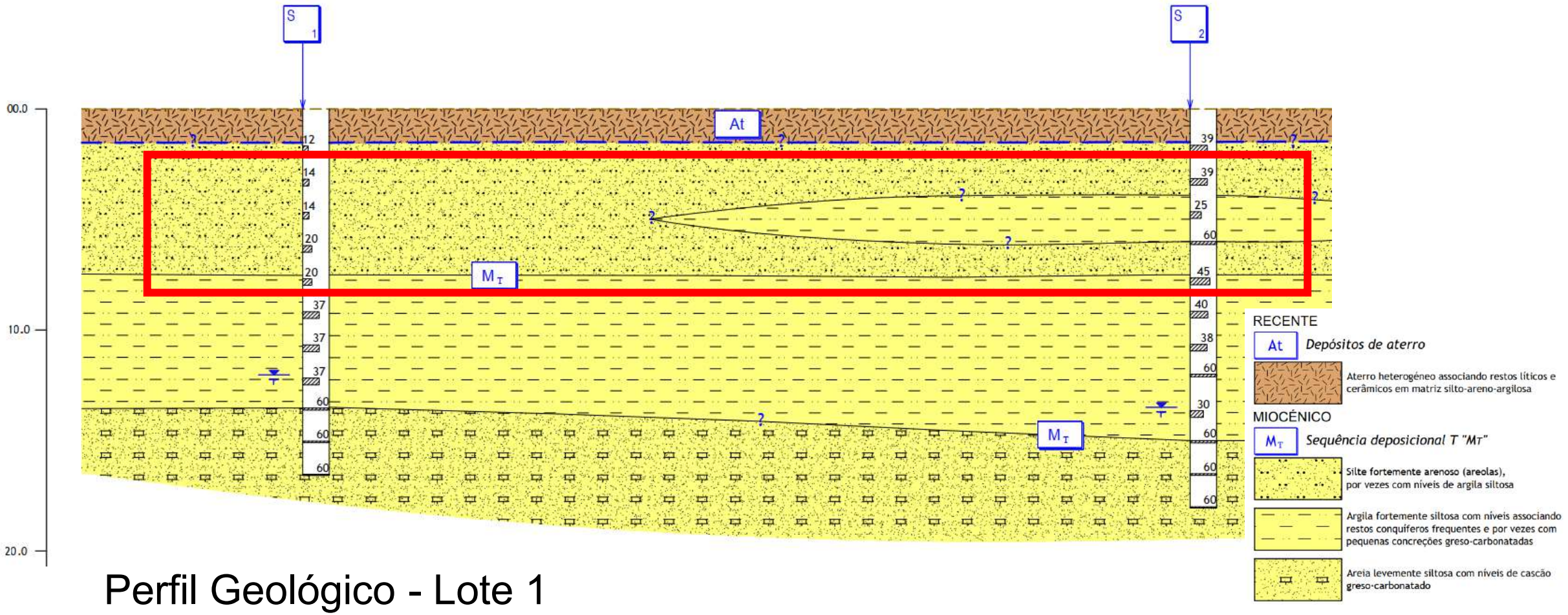
ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

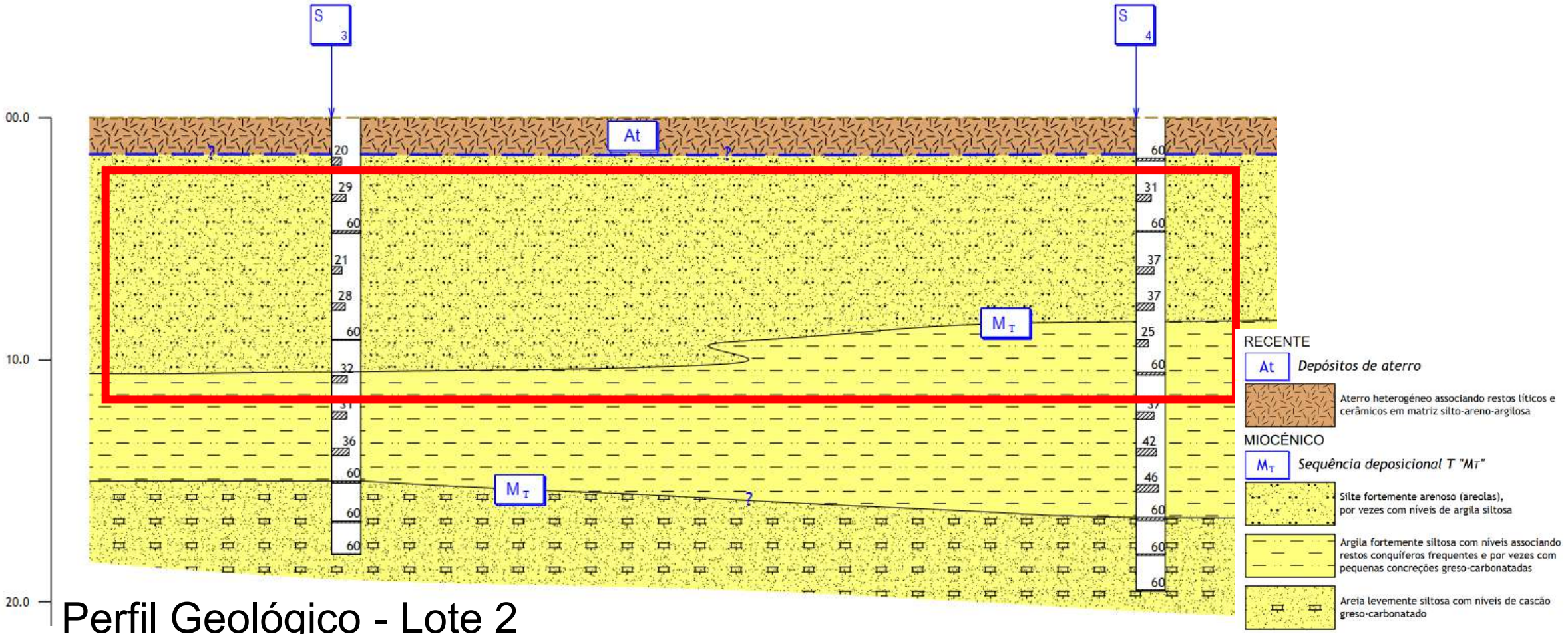
- Edifícios de tardoz com cota de fundação acima da laje do piso 0
- Túnel do ML encontra-se cerca de 4m abaixo do fundo da escavação do lote 1


ENCARNAÇÃO
GALERIA ML
PT
MOSCAVIDE
LOTE 1
LOTE 2
Lote 1
Lote 2

Plantas



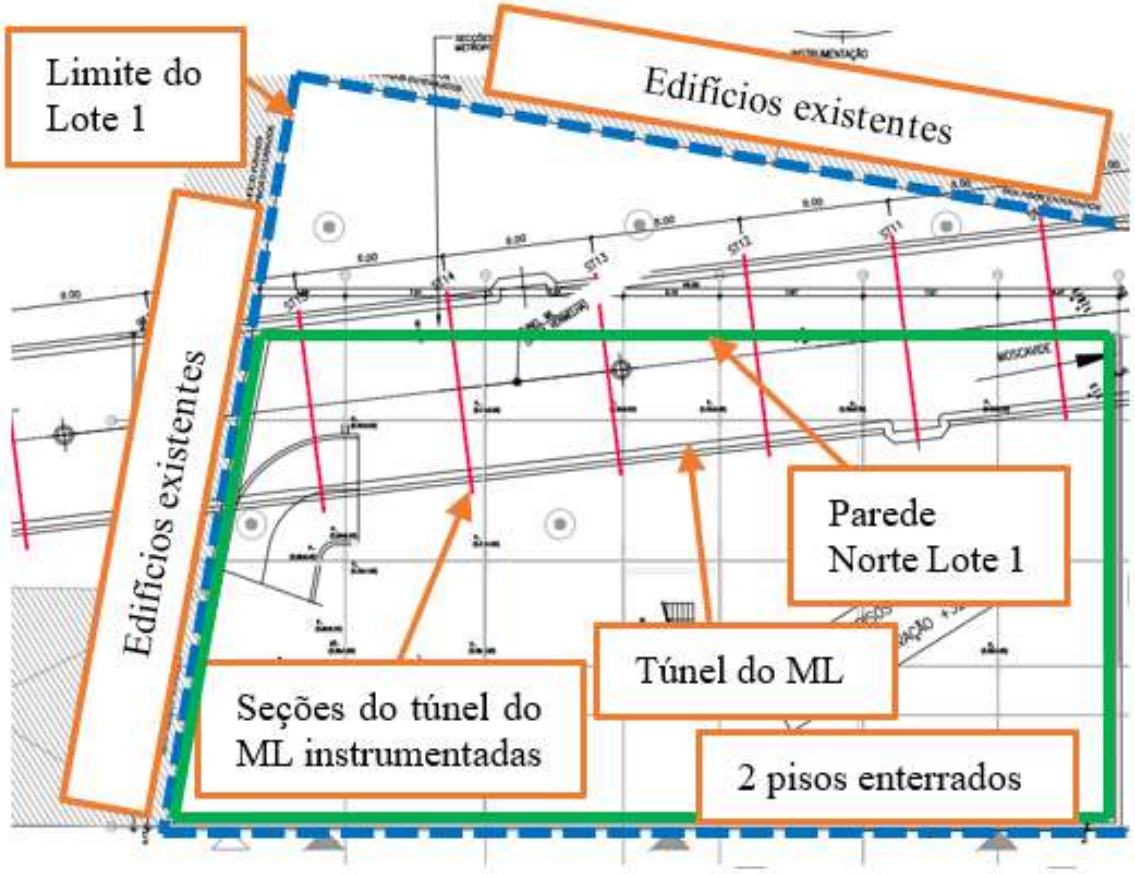
Perfil Geológico - Lote 1



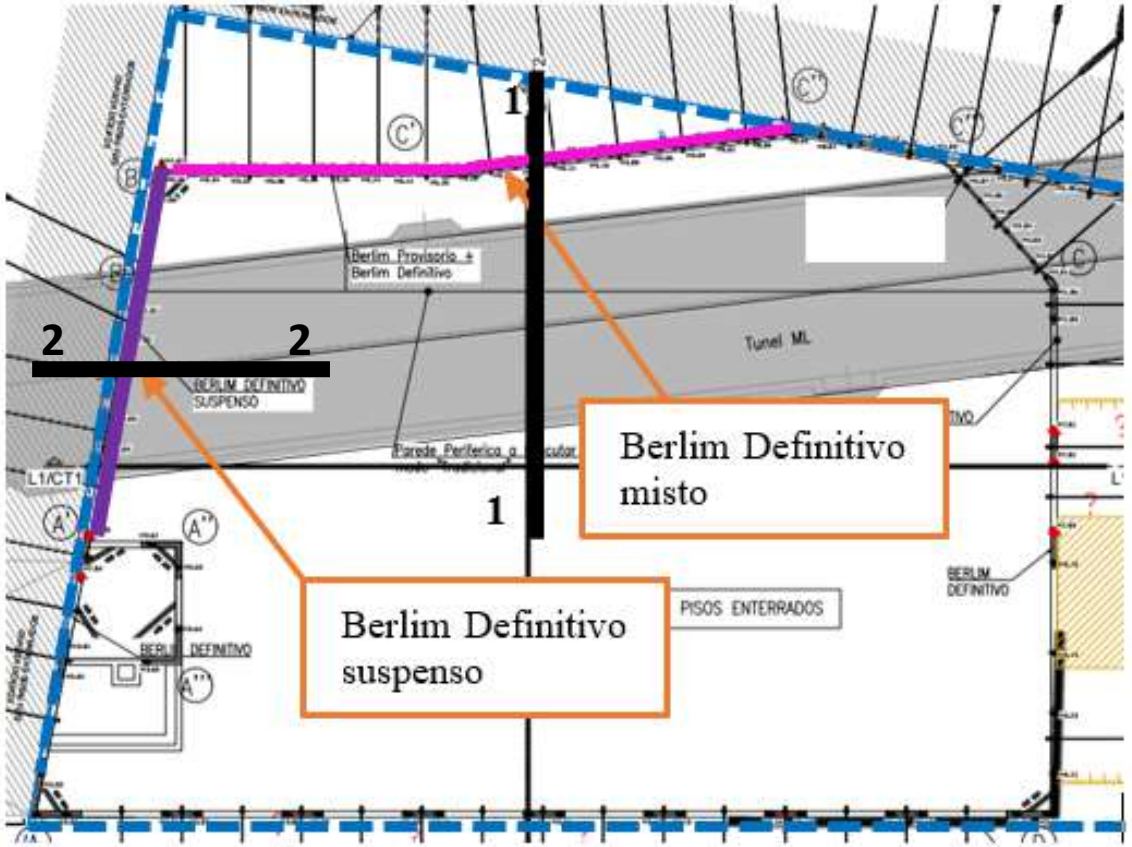
Perfil Geológico - Lote 2

ÍNDICE

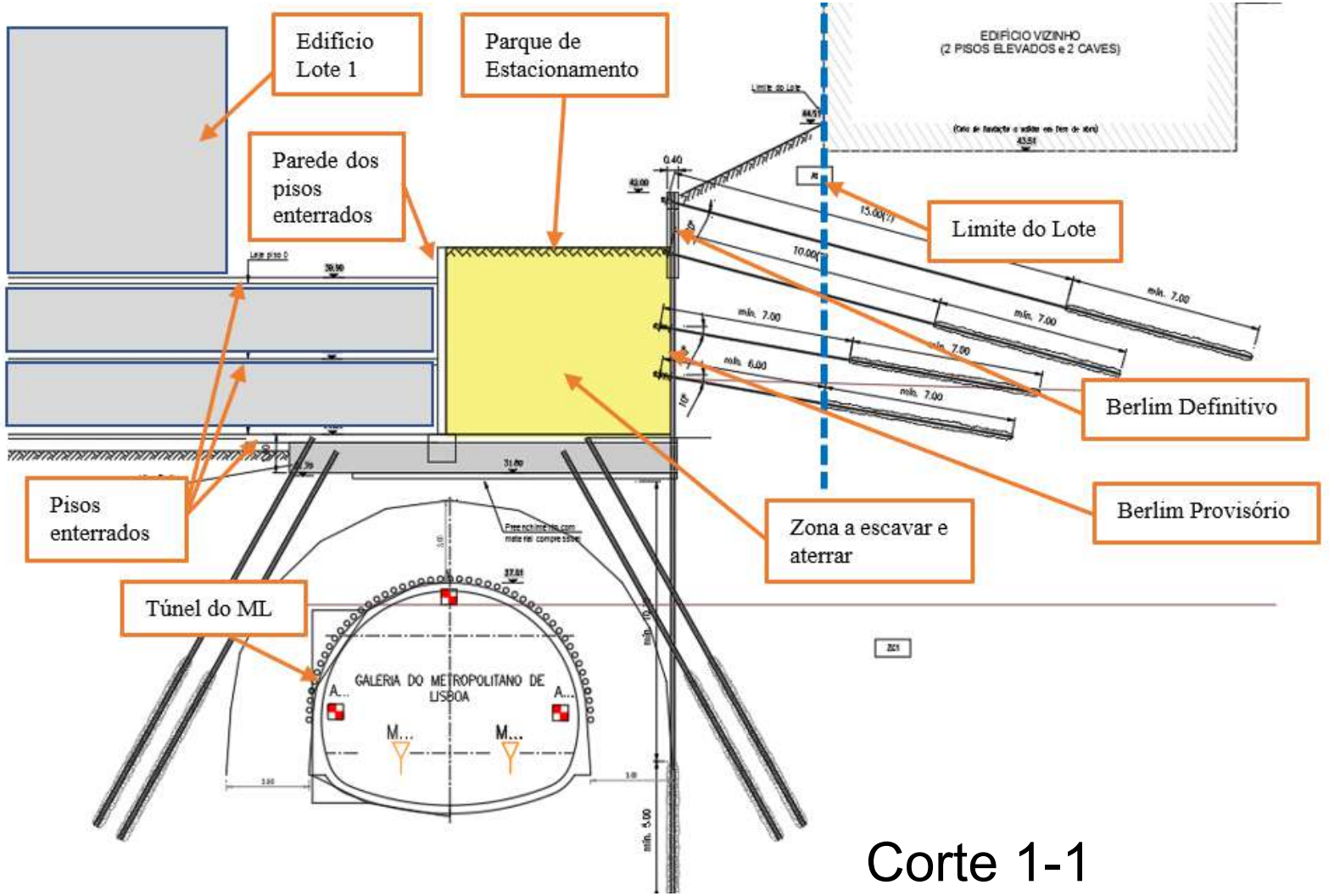
- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- **SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA**
- SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS



Lote 1

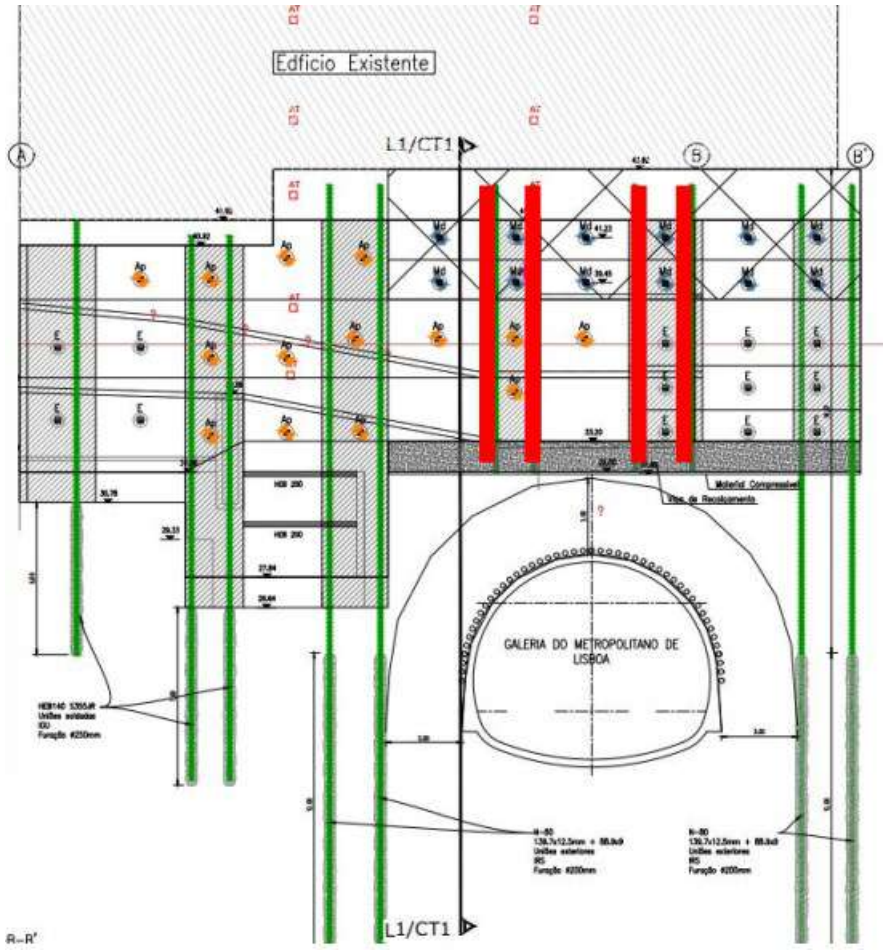


Plantas



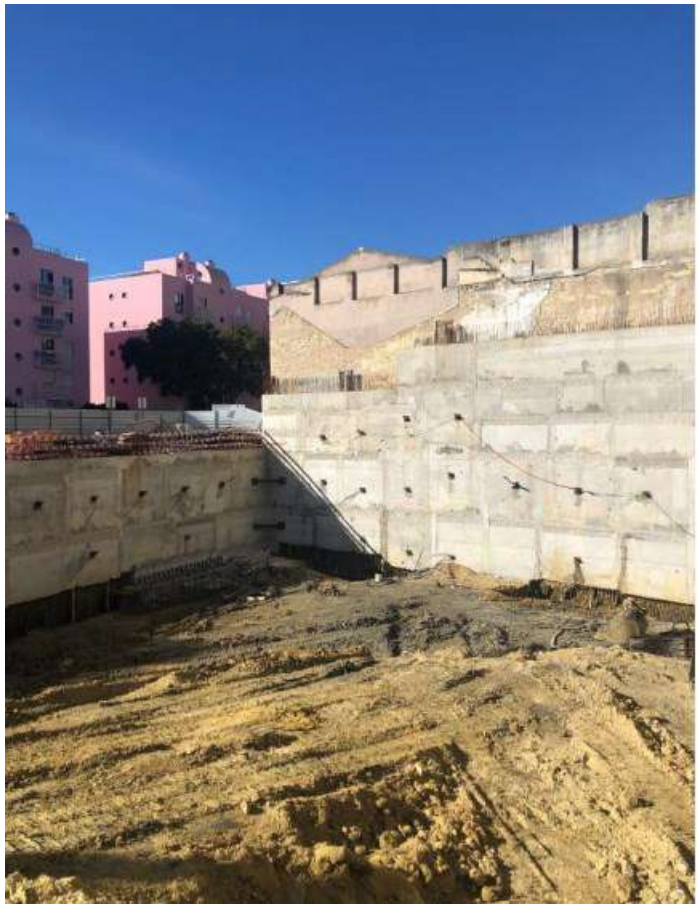
Lote 1

Corte 1-1

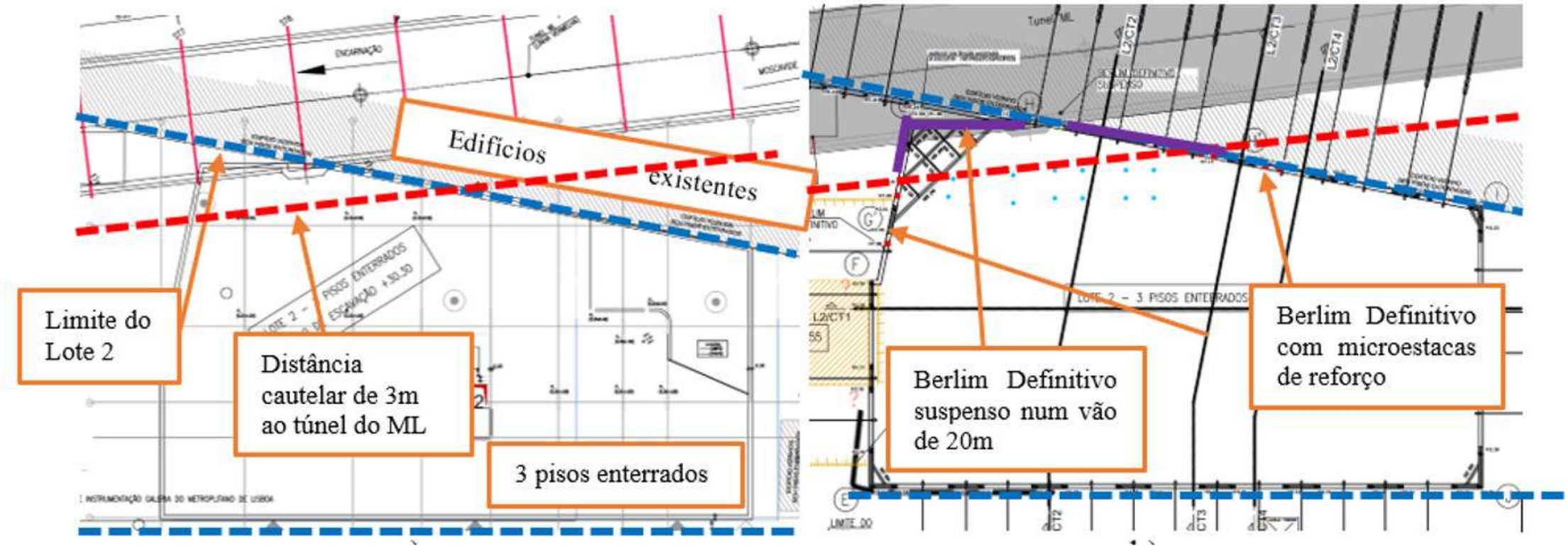


Lote 1

Corte 2-2

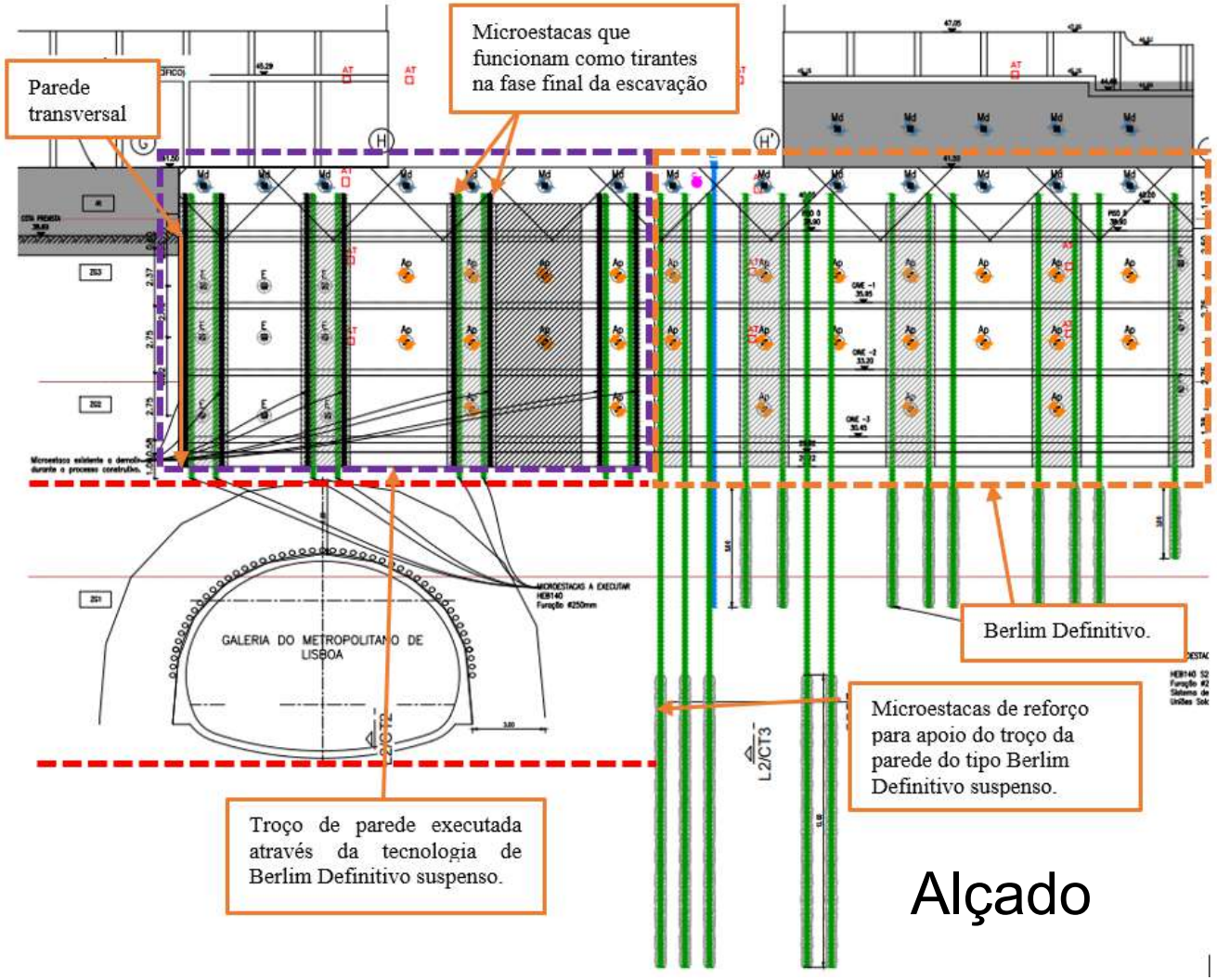


Lote 1



Lote 2

Plantas



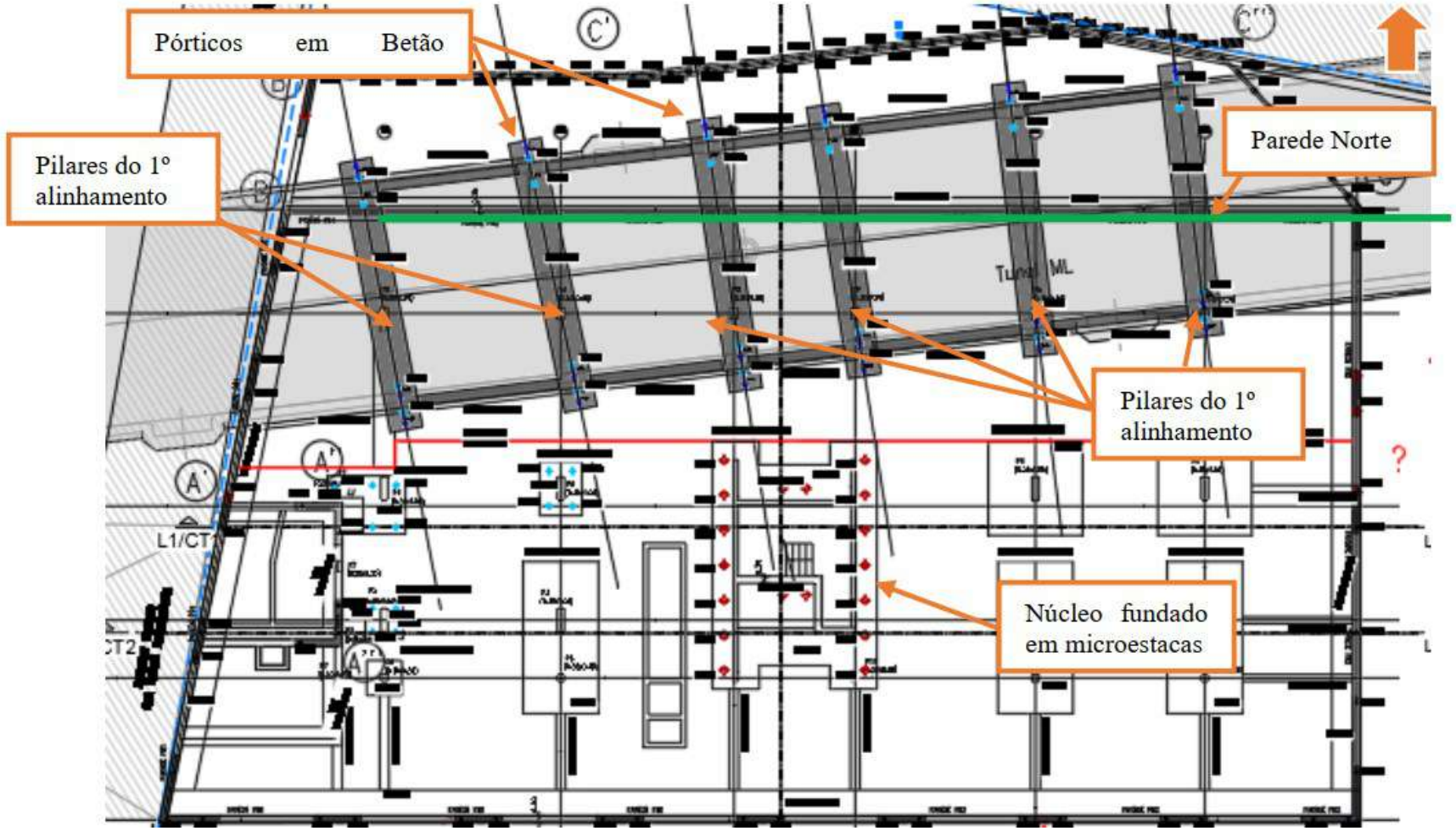
Lote 2

Alçado

Lote 2

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- **SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO**
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- CONSIDERAÇÕES FINAIS



Planta

Lote 1

Lote 1

Lote 1

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO
- **PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**
- CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Alvos Topográficos em todas as estruturas existente;
- Alvos Topográficos em todos as paredes muros de contenção periférica
- Células de cargas em algumas ancoragens provisorias
- Piezómetros
- Inclinómetros
- Alvos Topográficos nas paredes do túnel do ML
- Marcas Topográficas nas carris do ML

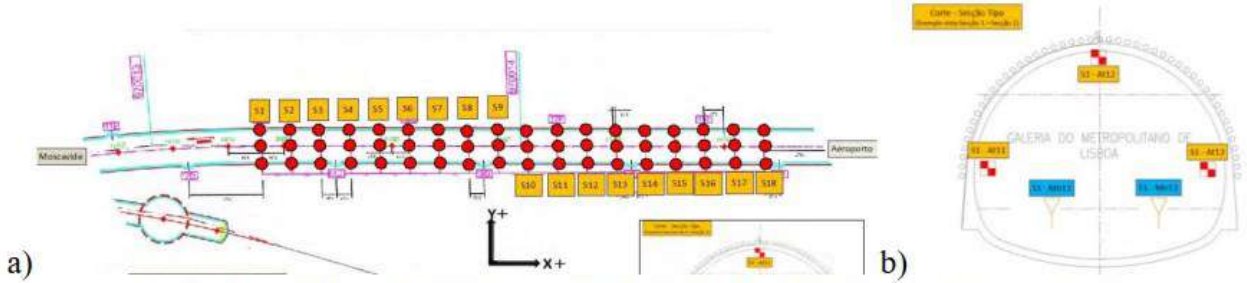
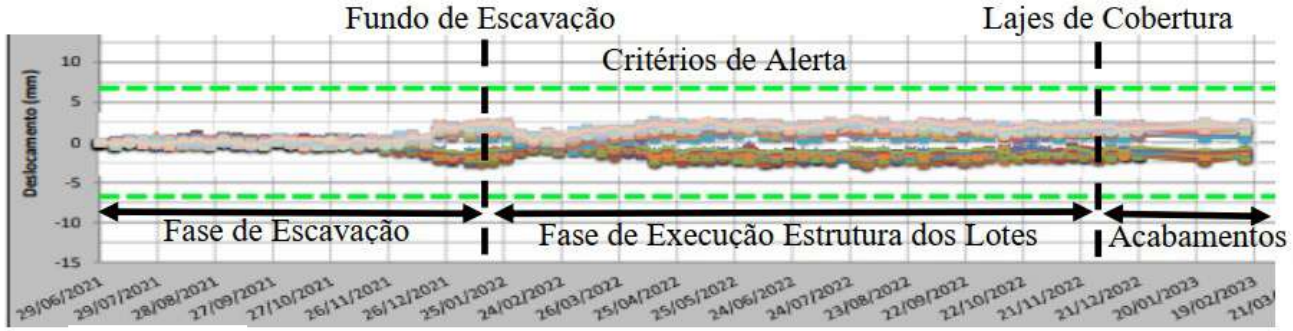


Figura 15 – a) Planta de Instrumentação Galeria ML. b) Corte Tipo Instrumentação.



Deslocamentos horizontais xx dos alvos nas paredes da galeria do ML (mm).

Deslocamentos horizontais yy dos alvos nas paredes da galeria do ML (mm).

- Alvos Topográficos em todas as estruturas existente;
- Alvos Topográficos em todos as paredes muros de contenção periférica
- Células de cargas em algumas ancoragens provisorias
- Piezómetros
- Inclinómetros
- Alvos Topográficos nas paredes do túnel do ML
- Marcas Topográficas nos carris do ML

Deslocamentos verticais ZZ, dos alvos nas paredes da galeria do ML (mm).

Figura 19 – Deslocamentos verticais ZZ, das marcas nos carris do ML (mm).

ÍNDICE

- INTRODUÇÃO
- PRINCIPAIS CONDICIONAMENTOS
- SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA
- SOLUÇÕES DE FUNDAÇÃO
- PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO
- **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- Soluções de engenharia geotécnica e estrutural, devidamente articuladas, na resolução de desafios colocados por uma obra singular
- Plano de Instrumentação e Observação como ferramenta fundamental para a gestão do risco em obras geotécnicas sensíveis
- Comunicação entre os vários intervenientes na obra de forma a antecipar e a atuar, em tempo útil, perante situações imprevistas

OBRIGADO PELA VOSSA ATENÇÃO

SOLUÇÕES DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA E FUNDAÇÕES NA PROXIMIDADE DE ESTRUTURAS SENSÍVEIS – O CASO QUINTA DOS CANDEEIROS

AGRADECIMENTOS

FICOPE

MEXTO
PROPERTY INVESTMENT

grupo confrasilvas