

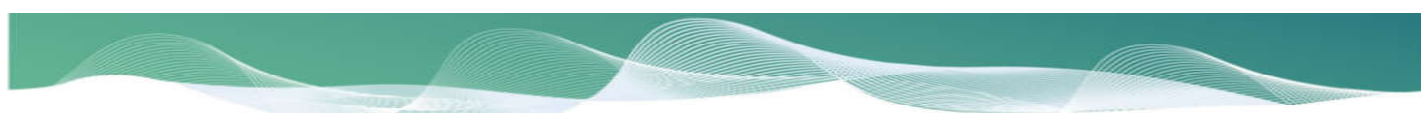


TÚNEIS DE DRENAGEM DE LISBOA

## EMPREITADA DE EXECUÇÃO DOS TUNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS



### PROJETO DE EXECUÇÃO



## RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)

### VOLUME 4 – ANEXOS

## ANEXO 8 – PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO

NOVEMBRO 2021

GER-GER-GER-PE-REL-RCE-04.08-R0



Responsável pelo RECAPE



PÁGINA EM BRANCO



## EMPREITADA DE EXECUÇÃO DOS TÚNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS

### RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)

### ÍNDICE GERAL

VOLUME 1 – RESUMO NÃO TÉCNICO

VOLUME 2 – RELATÓRIO BASE

VOLUME 3 – PEÇAS DESENHADAS

VOLUME 4 – ANEXOS

|         |         |                               |         |            |          |
|---------|---------|-------------------------------|---------|------------|----------|
|         |         |                               |         |            |          |
|         |         |                               |         |            |          |
|         |         |                               |         |            |          |
|         |         |                               |         |            |          |
|         |         |                               |         |            |          |
| 2021/11 | 0       | Primeira emissão do documento | VÁRIOS  | ER         | RC       |
| Data    | Revisão | Descrição                     | Redação | Verificado | Aprovado |

PROJETO DE EXECUÇÃO – RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO  
PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)

VOLUME 4 – ANEXOS

ANEXO 8 – PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO

GER-GER-GER-PE-REL-RCE-04.08-R0



Responsável pelo RECAPE



## **EMPREITADA DE EXECUÇÃO DOS TÚNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS**

### **RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)**

#### **VOLUME 4 – ANEXOS**

#### **ANEXO 8 – PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO**

##### ÍNDICE

- Anexo 8.1 – Programa de Monitorização da Afetação e Estabilidade do Património Arquitetónico, devido à eventual Propagação de Vibrações e/ou Assentamentos Provocados pelos Trabalhos Afetos ao Projeto
- Anexo 8.2 – Programa de Monitorização de Ruído, caso se preveja que a obra decorra no período de entardecer e /ou noturno (Fase de Construção)
- Anexo 8.3 – Programa de Monitorização dos Trabalhos Arqueológicos
- Anexo 8.4 – Monitorização Qualitativa e Quantitativa das Águas Subterrâneas nas Zonas Vulneráveis Identificadas (destaque para a zona da Estufa Fria e Alcaçarias de Alfama)





**ANEXO 8.1**

---

**Programa de Monitorização da Afetação e Estabilidade do Património  
Arquitetónico, devido à eventual Propagação de Vibrações e/ou Assentamentos  
Provocados pelos Trabalhos Afetos ao Projeto**



TÚNEIS DE DRENAGEM DE LISBOA

## EMPREITADA DE EXECUÇÃO DOS TUNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS



### RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)



#### VOLUME 4 – ANEXOS

#### ANEXO 8 – PLANOS DE MONITORIZAÇÃO

#### ANEXO 8.1 – PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS OBRAS E DO PATRIMÓNIO EDIFICADO E ARQUITECTÓNICO POTENCIALMENTE EXPOSTO. ANÁLISE DE RISCO

OUTUBRO 2021

GER-GER-GER-PE-REL-RCE-04.81-R0



Responsável pelo RECAPE:



|                                                                                   |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da<br/>Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas</p> | <div>   </div> <p>TÚNEIS DE DRENAGEM DE LISBOA</p> |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|



RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)  
VOLUME 4 – ANEXOS

ANEXO 8 – PLANOS DE MONITORIZAÇÃO

**ANEXO 8.1 – PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS OBRAS E DO PATRIMÓNIO  
EDIFICADO E ARQUITECTÓNICO POTENCIALMENTE EXPOSTO. ANÁLISE DE RISCO**

**VOLUME 4 – ANEXOS**

ÍNDICE DE PORMENOR

ANEXO 1 – DIA E CONDICIONANTES

Anexo 1.1 – DIA

Anexo 1.2 – Anexo 1 e 2 e 3 da alteração das Condicionantes na APL

ANEXO 2 – CONTATOS COM AS ENTIDADES

Anexo 2.1 – Quadro Síntese

Anexo 2.2 – Cartas Enviadas

Anexo 2.3 – Cartas Recebidas

**ANEXO 3 – ELEMENTOS DO PROJETO DE EXECUÇÃO E DA EMPREITADA**

Anexo 3.1 – Peças Desenhadas do Projeto de Execução

Anexo 3.2 – Estudo Geológico e Geotécnico

Anexo 3.3 – Plano de Desvios de Trânsito e de Mobilidade

Anexo 3.4 – Plano de Estaleiros

Anexo 3.5 – Serviços Afetados

Anexo 3.6 – Planeamento das Obras

Anexo 3.7 – Planos de Integração Paisagística

ANEXO 4 – ELENCO DEFINITIVO DAS ESPÉCIES DE PORTE ARBÓREO A ABATER E A  
TRANSPLANTAR

ANEXO 5 – PATRIMÓNIO E ARQUEOLOGIA

Anexo 5.1 – Levantamento do Património Arqueológico e Arquitectónico e Prospeção Arqueológica a efetuar nas zonas de estaleiro, manchas de empréstimo e depósito de terras, caminhos de acesso à obra, zonas imersas, caso as mesmas se encontrem fora das áreas anteriormente prospetadas ou que tivessem apresentado ausência de visibilidade do solo;

Anexo 5.2 – Carta de Condicionantes do Património

Anexo 5.3 – Levantamento do Estado de Conservação Interior e Exterior do Património Arquitetónico localizado numa faixa de 50 metros centrada a eixo dos traçados e onde a profundidade dos túneis seja inferior a 20 m

Anexo 5.4 – Programa de Salvaguarda Patrimonial que envolva a Salvaguarda, Monitorização, Conservação e Restauro, quer na Fase de Execução quer na Fase de Exploração, de Bens Imóveis Classificados ou em Vias de Classificação

Anexo 5.5 – Programa de Acompanhamento Arqueológico da Empreitada

Anexo 5.6 – P.A.T.A.

ANEXO 6 – CARTA DE CONDICIONANTES À LOCALIZAÇÃO DOS ESTALEIROS, COM A IMPLANTAÇÃO DE TODOS OS ELEMENTOS PATRIMONIAIS

ANEXO 7 – SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA) E PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL (PGA)

ANEXO 8 – PROGRAMAS DE MONITORIZAÇÃO

**Anexo 8.1 – Programa de Monitorização da Afetação e Estabilidade do Património Arquitetónico, devido à eventual Propagação de Vibrações e/ou Assentamentos Provocados pelos Trabalhos Afetos ao Projeto**

Anexo 8.2 – Programa de Monitorização de Ruído, caso se preveja que a obra decorra no período de entardecer e /ou noturno (Fase de Construção)

Anexo 8.3 – Programa de Monitorização dos Trabalhos Arqueológicos

Anexo 8.4 – Monitorização Qualitativa e Quantitativa das Águas Subterrâneas nas Zonas Vulneráveis Identificadas (destaque para a zona da Estufa Fria e Alcaçarias de Alfama)

ANEXO 9 – PLANO DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

ANEXO 10 – PLANO DE GESTÃO DE RISCOS

ANEXO 11 – ICOMOS

ANEXO 12 – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS SOLOS A ESCAVAR

ANEXO 13 – RUÍDO E VIBRAÇÕES

Anexo 13.1 – Caracterização da Situação de Referência

Anexo 13.2 – Avaliação de Impactes em Fase de Obra

ANEXO 14 – REAVALIAÇÃO DA SITUAÇÃO DE REFERÊNCIA E IMPACTES

ANEXO 15 – DESPACHO nº 13/DMU/CML/2021

ANEXO 16 – CARTAS DE RISCO DE IMUNDAÇÃO

|         |         |                |         |            |          |
|---------|---------|----------------|---------|------------|----------|
|         |         |                |         |            |          |
|         |         |                |         |            |          |
|         |         |                |         |            |          |
|         |         |                |         |            |          |
|         |         |                |         |            |          |
| 2021/10 | 00      | Edição inicial | LCW/AQU | FG         | SC       |
| Data    | Revisão | Descrição      | Redação | Verificado | Aprovado |

## RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)

### VOLUME 4 – ANEXOS

#### ANEXO 8 – PLANOS DE MONITORIZAÇÃO

[Category]

### ANEXO 8.1 – PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS OBRAS E DO PATRIMÓNIO EDIFICADO E ARQUITECTÓNICO POTENCIALMENTE EXPOSTO. ANÁLISE DE RISCO

#### INDICE

|          |                                                        |           |
|----------|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO).....</b> | <b>2</b>  |
| 2.1      | CONSIDERAÇÕES GERAIS .....                             | 2         |
| 2.2      | CENÁRIOS DE RISCO E GRANDEZAS A OBSERVAR .....         | 4         |
| 2.3      | EQUIPAMENTOS .....                                     | 8         |
| 2.4      | FASE DE CONSTRUÇÃO.....                                | 20        |
| 2.4.1    | CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS .....                            | 20        |
| 2.4.2    | MONITORIZAÇÃO GEOTÉCNICA E ESTRUTURAL DAS OBRAS.....   | 25        |
| 2.4.3    | MONITORIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS INTERFERÊNCIAS .....      | 38        |
| 2.4.4    | PERIODICIDADE DAS OBSERVAÇÕES.....                     | 55        |
| 2.4.5    | NÍVEIS DE ALERTA.....                                  | 57        |
| 2.5      | FASE DE SERVIÇO .....                                  | 58        |
| 2.5.1    | MONITORIZAÇÃO ESTRUTURAL .....                         | 58        |
| 2.5.2    | MONITORIZAÇÃO HIDRÁULICA .....                         | 59        |
|          | <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>                               | <b>63</b> |

#### INDICE DE FIGURAS

|                                                                                     |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Figura 2.1 – Critério de Burland (modificado de Burland <i>et al.</i> , 1977) ..... | 6 |
| Figura 2.2 – Zonas de influência dos efeitos das escavações à superfície .....      | 8 |



|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 2.3 – Bench- mark .....                                                                           | 9  |
| Figura 2.4 – Marca de superfície .....                                                                   | 10 |
| Figura 2.5 – Alvos topográficos .....                                                                    | 11 |
| Figura 2.6 – Sistema Inclímetro .....                                                                    | 12 |
| Figura 2.7 – Piezómetro de Casagrande.....                                                               | 13 |
| Figura 2.8 – Convergências em túnel.....                                                                 | 14 |
| Figura 2.9 - Exemplo de anéis de fibra ótica em túnel (Túnel do Rossio, Lisboa).....                     | 15 |
| Figura 2.10 – Extensómetro múltiplo de varas.....                                                        | 16 |
| Figura 2.11 – Régua de nivelamento .....                                                                 | 17 |
| Figura 2.12 – Clinómetro uniaxial.....                                                                   | 17 |
| Figura 2.13 – Fissurómetro.....                                                                          | 18 |
| Figura 2.14 – Cabeça de ancoragem com célula de carga.....                                               | 19 |
| Figura 2.15 – Sistema de medição de vibrações .....                                                      | 20 |
| Figura 2.16 – Representação esquemática da monitorização de princípio dos túneis.....                    | 22 |
| Figura 2.17 – Representação esquemática da monitorização de princípio dos edifícios de proximidade ..... | 22 |

## ÍNDICE DE QUADROS

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 2-1 – Lista de equipamentos de observação nas obras de drenagem e espaços envolventes – TMSA..... | 26 |
| Quadro 2-2 – Lista de equipamentos de observação nas obras de drenagem e espaços envolventes – TCB.....  | 33 |
| Quadro 2-3 – Locais de monitorização hidráulica .....                                                    | 61 |

## RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)

### VOLUME 4 – ANEXOS

#### ANEXO 8 – PLANOS DE MONITORIZAÇÃO

#### **ANEXO 8.1 – PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS OBRAS E DO PATRIMÓNIO EDIFICADO E ARQUITECTÓNICO POTENCIALMENTE EXPOSTO. ANÁLISE DE RISCO**

## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento introduz no estudo de RECAPE o “**Programa de Monitorização das Obras e do Património Edificado e Arquitectónico Potencialmente Exposto. Análise de Risco**” do Projeto de Execução dos Túneis Monsanto – Santa Apolónia e Chelas – Beato e intervenções associadas, desenvolvido no âmbito da Empreitada Geral de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas, e que aqui se constitui como um dos anexos do RECAPE – Anexo 8.1.

O referido programa de monitorização e as análises de risco das edificações de proximidade podem ser consultados nos vários projetos de execução da empreitada. O Plano aqui apresentado resume as principais conclusões desses estudos fundamentados nos resultados dos estudos de estabilidade geotécnica e estrutural dos vários projetos de execução que integram a Empreitada. Para além destes elementos, o estudo apoiou-se, igualmente, no reconhecimento local dos condicionamentos naturais e físicos da obra, efetuado por uma equipa multidisciplinar de técnicos da Mota Engil- Spie e LCW Consult SA e Aqualogus- Engenharia e Ambiente, Lda.

A obra geral é, nos termos da Secção VIII do Capítulo II do Anexo I da Portaria n.º 701-H/2008, de 29 de Julho, classificada como uma obra de “Túneis”, concretamente, “Túneis subterrâneos em zonas urbanas ou com intensa ocupação”, tratando-se de uma obra de Categoria IV. De acordo com o disposto na Portaria n.º 57/2011, de 28 de Janeiro, é uma obra da Classe 9. Neste contexto, os estudos apresentados observam as prescrições relativas à elaboração de projetos de obras públicas, designadamente o disposto na Portaria nº 701-H/2008, de 29 de Julho, em conjugação com os princípios definidos no Caderno de Encargos.

## 2 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO (PIO)

### 2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O Plano de Instrumentação e Observação (PIO) preconizado para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas, visa recolher informação sobre o comportamento de resposta do maciço encaixante à escavação dos túneis TMSA e TCB, bem como das restantes escavações próprias para as caixas de desvio, interseção, de ligação e câmaras de vórtice (caso TMSA), bem como obras de entrada e de saída, em particular, nas zonas com condições geotécnicas mais desfavoráveis e com maior proximidade da superfície.

Para além da compreensão dos modelos geotécnicos adotados no projeto, o plano tem como objetivo evitar situações de comportamentos anómalos durante a fase da construção e da exploração. É neste contexto que a implementação, especialmente, em obra deste plano se revela da maior importância para a decisão dos métodos construtivos sequenciais.

O Plano de Observação cobre duas fases:

- i) a fase de construção, e;
- ii) a fase de serviço.

Durante a **fase de construção**, a monitorização dos movimentos/deslocamentos e a sua posterior análise constitui um elemento chave na adequabilidade dos sistemas de contenção ou suporte provisórios, e do próprio faseamento construtivo. Para isso, e durante aquele período, a informação recolhida será tratada de forma sistemática e em tempo real com o avanço das escavações na vertical ou em subterrâneo.

Durante a **fase de serviço**, a observação permite verificar a adequabilidade das estruturas aos pressupostos do projeto e à sua funcionalidade.

O programa de observação é estabelecido em função das condições geológico-geotécnicas e da geometria das estruturas enterradas ou do traçado de cada um dos túneis, bem como dos cenários de risco associados ao dimensionamento e aos processos construtivos, definindo os equipamentos, a frequência das leituras, o tipo de tratamento dos dados obtidos e os níveis de alerta, abaixo dos quais se consideram aceitáveis os valores medidos.

A auscultação proposta visa, deste modo, corrigir as medidas de intervenção propostas ou os processos construtivos quer do túnel quer das estruturas enterradas a céu aberto, nos casos em que os parâmetros medidos não se enquadram nos valores esperados e que possam representar riscos para a segurança da obra.

A monitorização a implementar incidirá não apenas sobre os elementos de obra, mas igualmente sobre o património edificado, incluindo o arquitetónico, e infraestruturas suscetíveis de serem potencialmente afetadas pelas escavações. A observação dessas edificações de proximidade, abrangerá a instrumentação daquelas a preservar e que estão localizadas numa faixa de referência de 60 m de extensão centrada no eixo em planta dos túneis, e num raio de 30 m do extradorso dos poços e das restantes estruturas geotécnicas associadas. Estas bandas são restringidas às faixas de subsidência no caso dos túneis, e no caso dos poços e/ou entidações, a uma faixa inferior a 1 ½ vez a profundidade da escavação, sempre que a categoria de danos, de acordo com o critério de Burland (modificado de Burland et al., 1977), seja igual ou inferior a 2.

O número de equipamentos poderá ter de ser aumentado, se o tipo de informação obtido não se revelar suficiente para a interpretação pretendida ou se outras manifestações o determinarem.

Paralelamente, o plano de observação contempla o levantamento patrimonial e do estado de conservação dos edifícios localizados naquelas primeiras faixas para uma avaliação e eventual reparação das estruturas e cujo desenvolvimento nesta fase prévia à execução das obras e metodologia, são aqui descritos no Anexo 5.3 do Volume 4 – Anexos, do RECAPE. Uma observação mais pormenorizada destas edificações poderá ser decidida após as primeiras leituras na envolvente, sendo a decisão tomada em função da evolução e da importância dos deslocamentos registados.

Como interferências particulares expostas a risco de danos, estão os túneis intercetados da rede do Metropolitano de Lisboa (ML), designadamente das linhas Azul, Verde e Amarela, e ainda o túnel rodoviário do Marquês de Pombal, embora cada um deles com diferentes níveis de severidade. A monitorização destes tuneis adotará os procedimentos estabelecidos pelo Metropolitano de Lisboa, E.P.E.

Nas diferentes frentes de obra, a observação dos níveis piezométricos terá um papel relevante não só para o dimensionamento geotécnico e estrutural como para o faseamento construtivo e ainda para o controlo e acompanhamento dos movimentos das interferências. Esta observação será concretizada a partir dos piezómetros instalados nos furos de sondagens executadas no âmbito do programa de

reconhecimento geológico e geotécnico complementar de 2021, cabendo-lhe aqui a designação comum de “SEP- ...” e de outros a realizar expressamente para o efeito.

Relativamente ao levantamento patrimonial e ao estado de conservação dos edifícios abrangidos pela área de influência de construção das obras, ele é descritivo da informação recolhida, e inclui o registo fotográfico e a classificação qualitativa e/ou semi-quantitativa das patologias consideradas significativas.

Para além dos registos obtidos nos equipamentos, constará da informação de suporte à observação o registo dos dias de pluviosidade e das marés, com as alturas na praia mar e na baixa-mar.

## 2.2 CENÁRIOS DE RISCO E GRANDEZAS A OBSERVAR

A construção de estruturas enterradas é em geral suscetível de provocar movimentos nos terrenos circundantes, em que a magnitude desses deslocamentos depende de diversos fatores, designadamente da geometria da obra, dos métodos e faseamentos construtivos, das condições geotécnicas e hidrogeológicas locais, e da profundidade e volume das escavações, e tratando-se de fundações de edifícios, da tipologia da fundação.

A variabilidade dos deslocamentos na zona em questão (ditos deslocamentos diferenciais) é responsável por avarias nos edifícios e outras infraestruturas, de importância variável consoante o nível de risco associado. Estas avarias variam desde pequenas fissuras nas paredes até danos muito severos, que poderão no limite resultar no colapso das estruturas. Assim, os cenários de risco considerados correspondem às situações de comportamento incerto ou anómala do terreno envolvente das escavações subterrâneas e a céu aberto, associadas aos processos construtivos, à qualidade dos materiais e à variabilidade das condições geomecânicas e hidrogeológicas do maciço.

Essas situações correspondem a:

- colapso por rotura da entivação ou dos suportes por carregamento excessivo;
- rotura da superfície da frente de escavação do túnel, em presença de água ou de formações de qualidade geotécnica de menor qualidade do que a prevista, e de recobrimentos fracos;
- deformações de elementos de obra incompatíveis com a sua exploração;
- assentamentos à superfície afetando as construções existentes;
- deslizamento de taludes.

No presente estudo a previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra foram determinados a partir de modelos de cálculo e dos dispositivos geotécnicos considerados, representativos das condições de escavação e dos tipos de sustimento ao longo do traçado. Estes estudos constam dos projetos de cada uma das partes da empreitada – Projetos P01 a P21.

A partir dessa previsão é feita assim, a avaliação do risco das edificações potencialmente afetadas pela construção das obras com base no critério empírico de Burland (modificado de Burland *et al.*, 1977) e que tem por objetivo a identificação dos danos potenciais a que podem estar sujeitas essas edificações, dando orientações para as medidas de proteção ou de reforço estrutural que possam vir a ser necessárias implementar por forma a diminuir os danos.

Essa avaliação foi limitada ao edificado localizado numa faixa de referência de 60 m de largura, centrada no eixo em planta dos túneis, e num raio de 30 m do extradorso dos poços e das restantes estruturas geotécnicas associadas. Estas bandas ficam, porém, restringidas às faixas de subsidência no caso dos túneis, e no caso dos poços e/ou entivações, a uma faixa inferior a 1 ½ vez a profundidade da escavação.

A análise de risco, realizada segundo o critério de danos de Burland, estabelece uma classificação de avarias em seis categorias de risco (0 a 5), propondo que não há necessidade de intervenção quando os danos são da categoria 1 ou inferior - Figura 2.1.

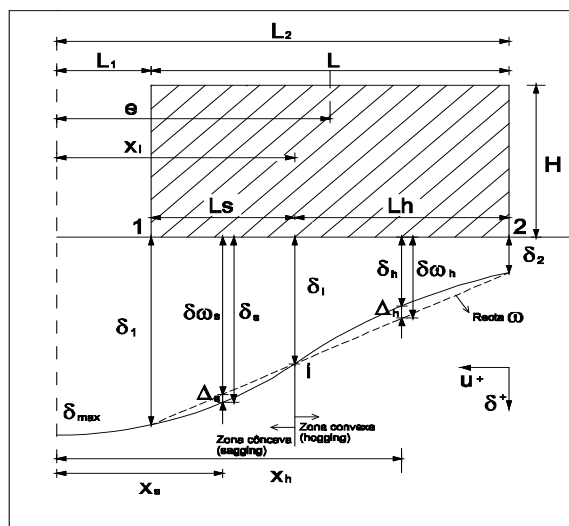
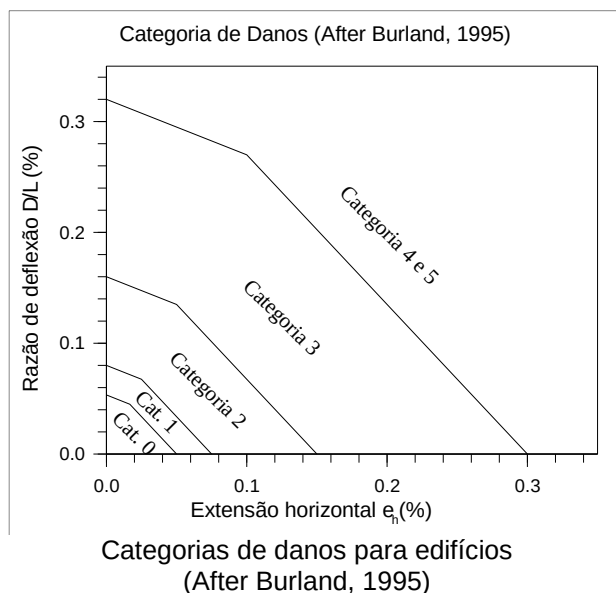
De acordo com Caderno de Encargos da Empreitada foi estabelecido que deveria ser garantido, quer na fase construtiva quer na fase de serviço, que o nível de risco do dano não ultrapassasse a categoria 2.

Segundo este autor, a atribuição de uma categoria de danos é feita em função da extensão horizontal ( $\epsilon h$ ) e da razão de deflexão ( $\Delta/L$ ), sendo esta última definida como o quociente entre a deflexão entre dois pontos de referência e a distância entre esses pontos. Para o efeito admitiu-se que todos os edifícios de um mesmo bloco estarão sujeitos ao máximo assentamento e à máxima distorção do conjunto de edifícios, calculados a partir dos modelos numéricos (posição conservativa).

Quando os danos são funcionais ou estruturais há, em geral, que prever medidas de proteção que podem ser classificadas em três categorias:

- Medidas para minimizar os movimentos do solo na origem dos mesmos, que implicam a alteração dos processos construtivos dos túneis, poços ou entivações;
- Medidas para melhorar as características dos solos de fundação;

- Medidas estruturais destinadas a aumentar a capacidade do edifício de resistir ou acomodar os assentamentos diferenciais.



Esquema de deformações e distorções que afectam um edifício

| Cat. risco | Classe de danos | Descrição de danos                                                                                                                                                                                                                                                                   | Espess. aproxim. das fendas (mm)                       |
|------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 0          | Desprezáveis    | Fendas capilares                                                                                                                                                                                                                                                                     | <0.1                                                   |
| 1          | Muito Pequenos  | Fendas estreitas de fácil reparo. Fendas na alvenaria externa, visíveis sob inspecção detalhada.                                                                                                                                                                                     | <1.0                                                   |
| 2          | Pequenos        | Fendas facilmente preenchidas. Várias fracturas pequenas no interior do edifício. Fendas externas visíveis e sujeitas a infiltrações. Portas e janelas emperradas nas esquadrias.                                                                                                    | <5.0                                                   |
| 3          | Moderados       | O refechamento das fendas requer significativo preenchimento. Talvez seja necessário a substituição de pequenas áreas da alvenaria externa. Portas e janelas emperradas. Redes de serviço podem estar interrompidas.                                                                 | 5 a 15<br>ou várias fendas com mais de 3 mm            |
| 4          | Severos         | Necessidade de reparo envolvendo remoção e reposição de pedaços de parede, especialmente sobre portas e janelas. Esquadrias de portas e janelas bastante desalinhadas. Paredes fora da verticalidade, com eventual deslocamento de vigas de suporte. Redes de serviço interrompidas. | 15 a 25<br>também em função do número de fendas        |
| 5          | Muito Severos   | Reparos significativos envolvendo reconstrução parcial ou total. Paredes requerem escoramento. Janelas quebradas. Perigo de instabilidade.                                                                                                                                           | Usualmente >25<br>também em função do número de fendas |

Figura 2.1 – Critério de Burland (modificado de Burland *et al.*, 1977)



As grandezas a observar e que se relacionam com cada um dos cenários de risco deverão reproduzir o comportamento de resposta do maciço ou das estruturas às diferentes solicitações, e/ou de envelhecimento dos materiais. Neste contexto, serão medidos e analisados:

- os estados de deformação interna em vários níveis do maciço encaixante das escavações,;
- os deslocamento no contorno interior do túnel;
- os deslocamentos de terreno à superfície;
- as variações dos níveis de água na envolvente do túnel e das escavações a céu aberto;
- as deformações dos elementos estruturais existentes à superfície;
- o estado de tensão na cabeça das ancoragens;
- medição das velocidades de vibração de pico (nos casos de trabalhos de cravação de estacas e outros do mesmo tipo).

Neste quadro da monitorização das interferências, ela é feita para aquelas com categoria de danos superior a 1. Para isso e tendo em atenção diferenciar, desde logo, o tipo de instrumentação em função da categoria de danos e da exposição ao risco, procedeu-se ao zonamento em planta de três zonas de influência das escavações, definidas pelos seguintes limites – Figura 2.2:

- Zona A – interseção à superfície de uma faixa com abertura de 60° projetada a partir do ponto central da soleira do túnel, e no caso de escavações à superfície, a faixa correspondente a uma largura, em todo o perímetro, resultante da projeção até à superfície de uma linha com inclinação de 30°, medida a partir do limite dessa escavação;
- Zona B – definida pela abertura compreendida entre 60° e 90°, projetada a partir do mesmo ponto da soleira do túnel, e no caso de escavações à superfície, a largura compreendida entre as projeções de 30° e 45°;
- Zona C – faixa para lá da Zona B e até ao limite de 30m da faixa de risco pré-definida.



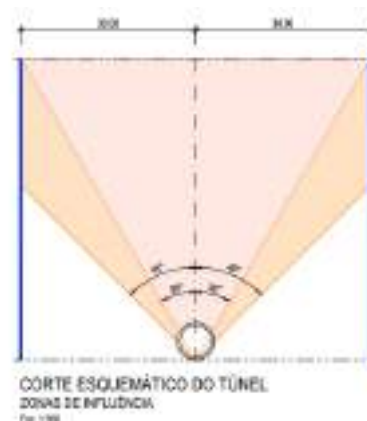
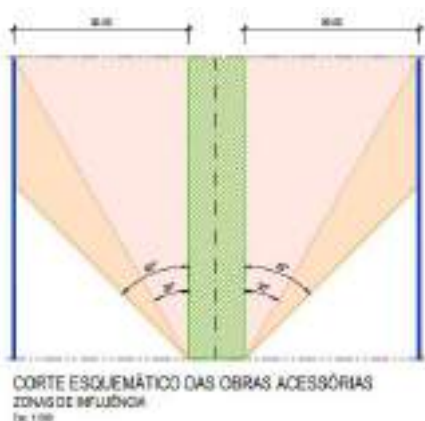


Figura 2.2 – Zonas de influência dos efeitos das escavações à superfície

A Zona A é tida como a zona de subsidência mais exposta ao risco e como tal, com monitorização sistematizada, no mínimo com alvos e marcas de superfície sempre que o nível de danos seja da Categoria 1, enquanto a Zona B é tida como menos exposta ao risco. Para a mesma categoria de danos a monitorização nesta zona B é feita em princípio com marcas topográficas e eventualmente alvos. Para cada uma destas zonas, a instrumentação aumenta em número e tipo de equipamentos, consoante o agravamento da categoria de danos.

Nesta análise os edifícios em cada uma destas zonas foram identificados pela sua tipologia e agrupados em blocos do mesmo tipo, delimitados pelas zonas de influência.

A instrumentação e os levantamentos estruturais e patrimoniais realizados e a realizar nesta fase prévia ao início dos trabalhos, serão mantidos durante todo o período em que é suscetível a ocorrência de danos.

## 2.3 EQUIPAMENTOS

Face à natureza da obra e aos tipos de deformações ou deslocamentos que se antevêm, prevê-se a utilização dos equipamentos a seguir descritos. Os tipos e as quantidades dos instrumentos a instalar em cada uma das obras, serão definidos com base na análise de risco, no método construtivo e atendendo às estruturas contíguas, bem como à análise das condições geotécnicas locais.

Refere-se que este plano de monitorização corresponde a uma solução inicial, que deverá ser complementada e adaptada em obra às condições locais que vieram efetivamente a verificar-se, de

modo a fazer face a situações não previstas, ou ainda para ajustar os parâmetros monitorizados à resposta do maciço e estruturas.

A utilização de cada um destes equipamentos para as diversas partes de obra da empreitada consta dos capítulos seguintes de monitorização.

a) *Bench-mark*

Trata-se de uma marca de referência altimétrica de apoio ao nivelamento de precisão a realizar na obra. Estas marcas profundas são instaladas em furos previamente executados, nos quais se introduzirá um tubo galvanizado de 2", sendo a sua base selada em terreno considerado indeformado. No topo do tubo, fixa-se uma calote esférica, para que a mira possa assentar sempre num único ponto. Esta marca ficará protegida por uma tampa de metálica, à cota do terreno -Figura 2.3.

O comprimento destas marcas poderá ser de 10 m caso sejam instaladas fora da área de influência da obra. Se eventualmente, por necessidades da obra, o seu posicionamento for feito dentro da área de influência da obra, estas deverão ter um comprimento tal que permita que sejam seladas 5m abaixo da cota de fundo das obras a realizar nas suas imediações.



Figura 2.3 – *Bench- mark*

A verificação da cota de cada *bench-mark* para confirmação será feita com regularidade.

b) *Marcas de superfície*

A medição dos deslocamentos verticais superficiais será realizada a partir de marcas de superfície no terreno, que consistem numa placa de ferro com uma dimensão de 0,3x0,3m acoplado perpendicularmente a um varão com aproximadamente 0,5m de comprimento. Esta estrutura é

enterrada ficando a ponta do varão à superfície protegida por uma tampa, de modo a permitir o nivelamento de precisão -Figura 2.4.

Outro tipo de marcas está previsto para as áreas de pavimentos rodoviários, pregos topográficos ou anilhas em aço, com 35mm de diâmetro. Estas marcas são usadas para marcar pontos semipermanentes.



Figura 2.4 – Marca de superfície

As leituras do nivelamento de superfície com as marcas deverão ser tratadas de forma a serem obtidos gráficos de variação do deslocamento vertical (cota) acumulado ao longo do tempo, tanto para cada marca de superfície, como em secção transversal (conjunto de marcas) ao túnel. A cada leitura será indicada a distância/profundidade da escavação a céu aberto ou a distância à frente de escavação no caso dos túneis, desde a sua zeragem.

c) *Alvos topográficos retrorefletores, ou prismas de reflexão total*

Estes alvos poderão ser instalados em fachadas verticais de elementos de construção ou edificações, permitindo observar o comportamento estrutural, através da determinação de coordenadas X, Y e Z - Figura 2.5.

A escolha do tipo pontos objeto - alvos topográficos ou prismas de reflexão total – terá em conta a distância de observação de modo a minimizar os erros inerentes à leitura.

Nas observações a realizar neste tipo de instrumentos, para a obtenção de coordenadas relativas dos diferentes pontos terão de ser realizadas leituras com instalação de prismas de reflexão total e instalado um sistema de referência local, composto igualmente por prismas instalados em

pilaretes com bases de centragem forçada. Para a sua leitura poderá ser utilizado um sistema TPS 1000 (LEICA), estação total TCA 2003.



a) Prisma de reflexão total

b) Alvo refletor

Figura 2.5 – Alvos topográficos

Poderão ser igualmente serem utilizados alvos retrorefletores autocolantes nas contenções.

As medições de coordenadas relativas serão realizadas utilizando uma estação total apropriada a este tipo de observação, com *software* específico para o efeito.

As leituras de cada alvo deverão ser tratadas de forma a serem obtidos gráficos variação de X / tempo, variação de Y / tempo, variação de Z / tempo, assim como variação de X / variação de Y, variação de X / variação de Z, e variação de Y / variação de Z. A cada leitura e sempre que necessário, será indicada a distância/profundidade da escavação a céu aberto ou a distância à frente de escavação no caso dos túneis, desde a sua zeragem.

#### d) *Inclinómetros*

Os inclinómetros propostos são do tipo bi-axial, permitindo obter informação sobre as deformações horizontais que possam ocorrer no maciço envolvente à obra a executar.

A instalação das calhas inclinométricas será realizada em furos previamente abertos até uma profundidade variável, devendo no entanto ficar selado pelo menos 5 m abaixo da cota das estruturas a executar. O preenchimento do espaço anelar, entre as paredes do furo e a calha inclinométrica será executado com material com características deformacionais semelhantes às do terreno envolvente, em geral, uma mistura de calda de cimento e bentonite.

As calhas a instalar serão PVC tipo ABS, ID64mm, ficando o topo do inclinómetro protegido com uma tampa metálica, à cota do terreno.

As leituras serão realizadas com torpedo inclinométrico, munido de dois sensores do tipo servo-acelerómetros montados com desfasamento de 90° (graus), ou seja, um torpedo biaxial. O sistema de leitura (torpedo+caixa de leituras+cabo) a utilizar possui uma sensibilidade de +0.05 mm/m, e uma precisão de +6 mm por cada 30 m de comprimento - Figura 2.6.

Os resultados obtidos são tratados informaticamente com *software* específico para este tipo de observação, apresentando-se gráficos profundidade / deslocamento horizontal, em qualquer das duas direções ortogonais observadas, e sempre que seja encontrados deslocamentos anómalos gráficos deslocamento horizontal / tempo.



a) Calha bi-axial



b) Torpedo inclinométrico

Figura 2.6 – Sistema Inclinométrico

#### e) *Piezómetros*

Os piezómetros propostos são de tubo aberto clássico, do tipo Casagrande - Figura 2.7, a instalar em alguns dos furos de sondagens mecânicas a realizar, e de ponteira porosa do tipo LNEC. O tipo será função da natureza do terreno e do tempo de resposta da leitura.

Os piezómetros são simples ou duplos, estes últimos instalados sempre que se observaram nas sondagens níveis de água diferenciados e/ou considerou esta possibilidade, face ao quadro hidrogeológica de cada uma das formações presentes em cada local.

Os piezómetros em maciço rochoso ou solos permeáveis são totalmente construídos em tubo de Hidronil, com um diâmetro de 1 ½" e com a ponteira crepinada numa extensão de 0,5 m, e envolvida em geotêxtil. Em solos de reduzida permeabilidade serão utilizados piezómetros tipo LNEC.

A medição do nível da água, atualmente a ser feita e a fazer durante a execução dos trabalhos nos piezómetros de tubo aberto, será efetuada por uma sonda suspensa por um fio condutor que assinala o nível da água quando é fechado o circuito elétrico.

As leituras dos diferentes piezómetros são tratadas em representação gráfica variação de cota / tempo.

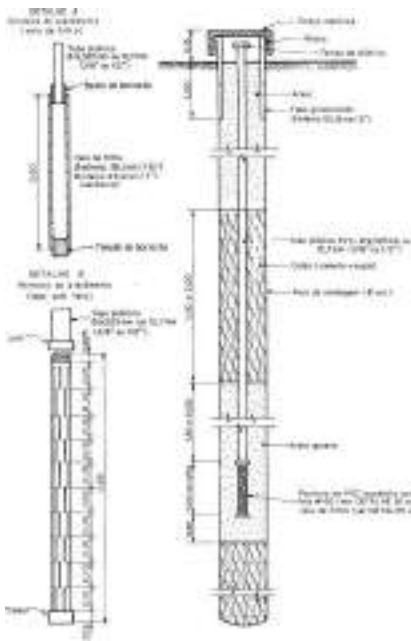


Figura 2.7 – Piezómetro de Casagrande

#### f) *Convergências*

As convergências consistem na medição da distância (cordas) entre alvos colocados nas paredes dos túneis com o objetivo de avaliar os deslocamentos deste.

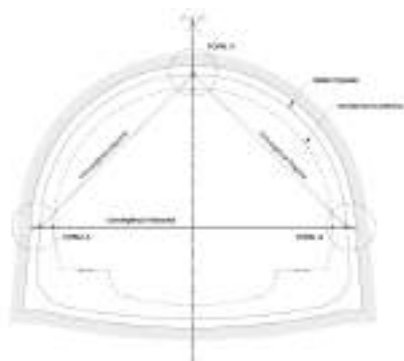
A leitura é feita com convergenciómetro de haste ou de fita, ou com alvos retrorefletores, ou ainda com prismas de reflexão total - Figura 2.8.

A instalação deste tipo de equipamento é feita em secções transversais dos túneis a construir, e em secções dos túneis existentes do ML nos atravessamentos ou na proximidade das obras. O espaçamento das secções é função da combinação de diversos fatores influenciando os movimentos do maciço encaixante, tais como as características geológico-geotécnicas observadas



na escavação e em particular na frente de escavação, das espessuras do recobrimento e do tipo de ocupação à superfície.

As leituras das convergências serão tratadas sob a forma de gráficos de variação do deslocamento acumulado da distância (cordas) ao longo do tempo. A cada leitura será indicada a distância à frente de escavação, desde a sua zeragem.



a) Secção de convergência



b) Medição de convergência com convergenciômetro

Figura 2.8 – Convergências em túnel

Em fase de serviço, a medição das deformações dos túneis será materializada através de sensores de fibra ótica (ou redes de Bragg) - Figura 2.9. Este sistema utiliza um perfil instrumentado por secção contendo cinco (5) sensores de deformação de fibra ótica. Cada um destes conjuntos de sensores constitui um ramo da rede sensora global e está diretamente ligado ao sistema de medição através de um cabo igualmente de fibras óticas. O sistema de medição de cada túnel ficará localizado fora do mesmo, num armário técnico.



Figura 2.9 - Exemplo de anéis de fibra ótica em túnel (Túnel do Rossio, Lisboa)  
(extraído de Google: Sistema de Monitorização Estrutural para Túneis -SysTunnel)

#### g) Extensómetros

A medição dos deslocamentos verticais em profundidade será feita através da colocação de extensómetros (simples ou multiponto, conforme a sua localização e a profundidade da medição).

Os extensómetros são de varas constituídas por fibra de vidro ou aço inoxidável, instalados em furos. A sua instalação consiste em:

- execução de um furo até à cota de instalação prevista;
- selagem do conjunto completo do extensómetro e varas, através de um tubo próprio solidarizando as varas com o terreno envolvente e permitindo ao mesmo tempo o movimento livre para cada vara dentro da manga.

Os extensómetros são verticais e instalados a partir da superfície do terreno, ou radiais. Quanto ao número de varas podem ser simples (1ª cabeça de leitura) ou multiponto (2 ou 3 pontos de leitura), sendo os deslocamentos nas selagens medidos na cabeça com auxílio a um deflectómetro/micrómetro ou podendo ainda ser dotados de equipamento capaz de leituras automatizada com transdutores elétricos - Figura 2.10



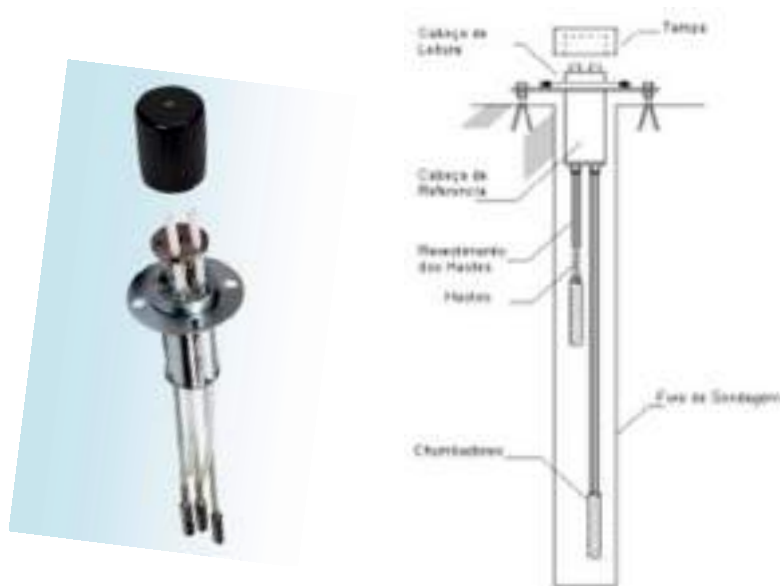


Figura 2.10 – Extensómetro múltiplo de varas

Os extensómetros verticais possuem uma marca de nivelamento na cabeça, que permite a correção das leituras obtidas nas selagens. No caso dos extensómetros radiais a partir do túnel, a correção é efetuada com uma das varas (a mais distante da escavação, fora da área de influência teórica da escavação e cuja função é exclusivamente corrigir as leituras das restantes varas).

#### h) Régua de nivelamento em edifícios

As régua de nivelamento destinam-se a medir os eventuais deslocamentos verticais que a execução das diversas fases de obra possa induzir nos edifícios contíguos à obra.

A régua metálica em aço inox é graduada em milímetros e é solidarizada às fachadas dos edifícios a instrumentar, aparafusando-se ou através da colagem com uma resina epóxi. A sua instalação é feita nas fachadas ao nível do piso térreo - Figura 2.11.

Os nivelamentos superficiais serão realizados utilizando um nível de precisão com lâminas de faces paralelas e mira de invar, para que seja permitida uma precisão da ordem da décima de milímetro. As cotas serão referenciadas a pontos fixos “*bench-mark*” suficientemente afastadas da construção.

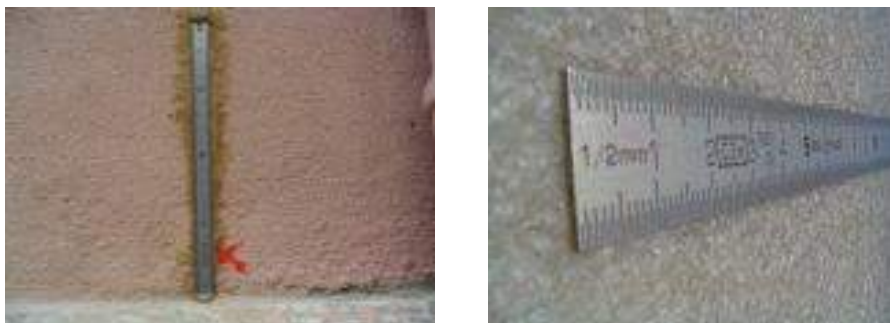


Figura 2.11 – Régua de nivelamento

As leituras das réguas de nivelamento serão tratadas de forma a serem obtidos gráficos de variação do deslocamento vertical (cota) acumulado ao longo do tempo. A cada leitura será indicada a distância/profundidade da escavação a céu aberto ou a distância à frente de escavação no caso dos túneis, desde a sua zeragem.

Este equipamento pode ser utilizado em alternativa aos alvos topográficos.

i) *Clinómetros e/ou “tiltmeters”*

Para a observação dos deslocamentos horizontais dos edifícios contíguos às escavações, foi prevista a instalação de bases para leitura com clinómetro ou *tiltmeter*, uniaxiais - Figura 2.12.

A implantação destes equipamentos pode ser limitada a um único tipo de aparelho ou a uma utilização mista.

A altura a que cada instrumento irá ser instalado, será função da altura do edifício e da facilidade de acesso para leitura.



Figura 2.12 – Clinómetro uniaxial

As leituras dos clinómetros serão tratadas de forma a serem obtidos gráficos variação de ângulo / tempo, variação de deslocamento horizontal / tempo, e deslocamento horizontal/ altura do edifício. A

cada leitura será indicada a distância/profundidade da escavação a céu aberto ou a distância à frente de escavação no caso dos túneis, desde a sua zeragem.

#### j) *Fissurómetros*

O controlo da fendilhação de construções nas imediações da obra será efetuada através da instalação de fissurómetros nas paredes onde se detetam fissuras significativas na fase de vistorias iniciais. Os fissurómetros serão fixos às construções com resina epóxi, sendo os movimentos lidos numa régua graduada - Figura 2.13.

Os fissurómetros a instalar nos edifícios existentes serão em plástico não deformável, quer por ação da temperatura (coeficiente termal de expansão linear:  $6,5 \text{ cm} / \text{cm}^{\circ}\text{C} \times 10^{-5}$ ), quer da humidade.

Estes aparelhos são lidos de forma direta nas suas escalas (campo de leitura  $\pm 20 \text{ mm}$  e resolução de  $1 \text{ mm}$ ) e as leituras serão apresentadas em forma de tabela, e em forma gráfica da variação de abertura ao longo do tempo. A cada leitura será indicada a distância/profundidade da escavação a céu aberto ou a distância à frente de escavação no caso dos túneis, desde a sua zeragem.



Figura 2.13 – Fissurómetro

#### k) *Células de carga de ancoragem*

Para o controlo das variações de tensão de ancoragens, serão instaladas células hidráulicas de tensão em ancoragem, em pelo menos 10% destas - Figura 2.14.

As células terão como características técnicas:

- Carga 600kN a 1.000kN
- Erro total  $\leq \pm 1\% \text{ F.S}$  a  $21^{\circ}\text{C}$

- Índice de proteção IP 65
- Líquido: mistura água e glicerina
- Temperatura ambiente: -30 a + 60°C
- Pistão e invólucro em aço galvanizado
- Precisão (21°):  $\pm 1\%$  F.S com manómetro 100mm
- Diâmetro do manómetro: 100 mm
- Movimento do pistão:  $\leq 0,5\text{mm}$ .

A unidade de leitura terá seis dígitos e o erro combinado é de 0,05% F.S.

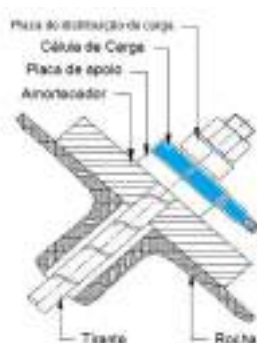


Figura 2.14 – Cabeça de ancoragem com célula de carga

#### l) Sismógrafos para medição de vibrações

Este tipo de equipamento (portátil) será disponibilizado em obra sempre que ocorra a utilização de equipamento pesado que provoque vibrações, como sejam o caso do trépano para a execução das estacas, a cravação de estacas-prancha ou a utilização de giratória com martelo na proximidade das edificações ou infraestruturas importantes. A passagem da tuneladora em zonas de recobrimento reduzido também poderá implicar a monitorização de vibrações em habitações, monumentos, e outras estruturas correntes e/ou sensíveis.

O equipamento móvel de registo é composto por 1 *datalogger* e com geofone triaxial integrado, o qual inclui um modem GSM que efetua a transferência de dados para o servidor, com as seguintes características - Figura 2.15:

- Sensor de velocidade de vibração triaxial interna;
- Gama de medida: 0.0035 a 115 mm/s;
- Gama de frequência: 1 a 315 Hz.

O procedimento de instalação e definição de limites de vibração deverá tender ao especificado na Norma Portuguesa NP-2074/2015.



Figura 2.15 – Sistema de medição de vibrações

## 2.4 FASE DE CONSTRUÇÃO

### 2.4.1 CONSIDERAÇÕES PRÉVIAS

Tal como atrás anunciado, durante a fase de construção, a monitorização dos movimentos/deslocamentos associados às escavações e a sua posterior análise constitui um elemento chave na adequabilidade dos sistemas de contenção ou suporte provisórios, e do próprio faseamento construtivo, assim como ajuda à decisão de medidas para a minimização de danos funcionais e estruturais nas edificações contíguas.

Relativamente aos elementos de obra e para cada um dos objetivos da medição, serão instalados os seguintes equipamentos:

- estados de deformação interna do maciço encaixante das escavações: inclinómetros, designadamente junto das obras de entrada, de saída dos túneis, das câmaras de vórtice e das escavações mais profundas;
- deslocamento no maciço encaixante de recobrimento do túnel: extensómetros de varas simples, duplos ou triplos, em função da possança e das características geomecânicas e estruturais do maciço;
- deslocamento no contorno interior do túnel: bases de medidas de convergência relativa (estas secções consideram-se somente para uma validação dos muito pequenos movimentos expectáveis);
- deslocamentos de terreno à superfície: marcas de nivelamento topográfico;
- variações dos níveis de água na envolvente do túnel e das escavações a céu aberto: piezómetros;

- f) deformações dos elementos estruturais das edificações de proximidade existentes à superfície: marcas topográficas, fissurómetros, clinómetros, alvos fixos e/ou réguas, na totalidade ou em parte;
- g) estado de tensão na cabeça das ancoragens: células de pressão de pré-esforço;
- h) estado de deformação no revestimento do túnel: células de pressão –anéis em fibra ótica;
- i) Vibrações no interior dos túneis do ML ou das edificações e à superfície: sismógrafos (nos casos de trabalhos de cravação de estacas e outros do mesmo tipo).

A instalação dos equipamentos previstos para cada frente de obra terá duas fases distintas:

- uma **primeira fase** que decorrerá previamente ao início dos trabalhos e que incidirá, não só sobre os equipamentos de observação onde não são esperados movimentos, mas igualmente sobre aqueles onde são esperadas interferências, possibilitando fazer a “zeragem” das observações, e assim definir uma situação de referência;
- uma **segunda fase** que incidirá sobre os elementos de obra propriamente ditos e sobre as edificações e infraestruturas de proximidade e que decorrerá à medida do avanço dos mesmos até à sua estabilização.

Relativamente aos túneis e enquanto obras principais, o programa proposto para a instrumentação e observação considera a auscultação sistemática em obra de várias secções transversais ao eixo geral do traçado, abrangendo o maciço envolvente à escavação do túnel e o terreno à superfície - Figura 2.16.

Quanto às edificações de proximidade situadas nas áreas de influência e classificadas com risco de dano superior aos da 1ª Categoria, serão instrumentadas.

Estas construções são equipadas por perfis em que, cada perfil poderá comportar os seguintes equipamentos, total ou parcialmente, função da vulnerabilidade de cada um - Figura 2.17:

- dois alvos topográficos
- uma ou mais marcas no terreno;
- uma ou mais réguas de nivelamento e fissurómetros, sempre que se justifique.



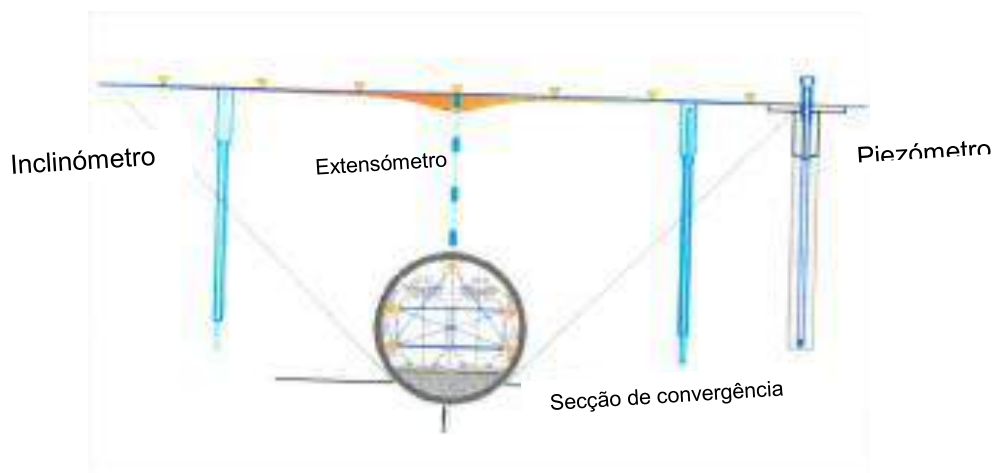


Figura 2.16 – Representação esquemática da monitorização de princípio dos túneis

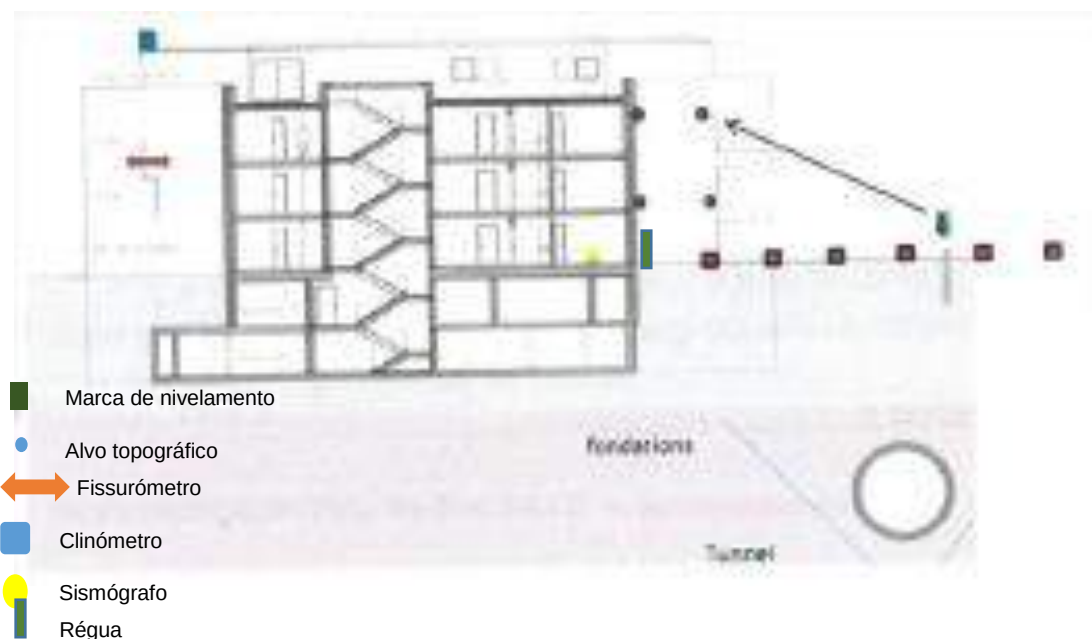


Figura 2.17 – Representação esquemática da monitorização de princípio dos edifícios de proximidade

As juntas dos edifícios contíguos serão ainda objeto de observação, eventualmente através da instalação de dois níveis de medidas de abertura de junta.

Por outro lado, a proximidade das escavações de infraestruturas relevantes existentes, como seja o cruzamento com o túnel rodoviário do Marquês do Pombal na Rua Joaquim António Aguiar, e com os diversos cruzamentos em planta com os túneis do ML, designadamente:



- da Linha Amarela, na Rua Braancamp;
- da Linha Azul na Avenida da Liberdade ;
- da Linha Verde no Intendente na Avenida Almirante Reis;
- e em Santa Apolónia novamente com a Linha Azul,

interferindo com eles, quanto mais não seja pela sombra do corredor da escavação do túnel para situações em que os afastamentos são da ordem ou inferior a quatro diâmetros, obriga a que o plano de instrumentação seja particularmente orientado para a auscultação daquelas infraestruturas e edificações existentes.

A monitorização destes túneis adotará os procedimentos estabelecidos pelo Metropolitano de Lisboa, E.P.E e que no essencial, consiste em:

- instalar na galeria, no mínimo, três (3) alvos retrorrefletores para observação topográfica de cotas, coordenadas e convergências em cada secção, em secções de 10 em 10 m nas zonas antes e depois do local onde decorre a frente de obra e de 5 em 5 m sob a zona de frente de obra;
- na soleira colocar marcas de nivelamento (2 por secção, sensivelmente equidistantes dos hasteais);
- realizar o controlo altimétrico dos carris, um por cada par de carris, um na via descendente e outro na via ascendente, considerando secções de 5 em 5m na zona de interferência;
- colocar nas fissuras detetadas no levantamento inicial e decorrente da análise de movimentos, fissurómetros.

Do mesmo modo, nas zonas de passagem sob o património arqueológico na saída de transição mineira para céu aberto, como sejam o Beco do Belo no caso do TMSA, ou na saída da Rua dos Amigos de Lisboa no caso do TCB, e nas obras de saída para o Rio Tejo na zona de domínio da APL, procedimentos particulares serão aí adotados.

Os Quadro 2-1 e Quadro 2-2 resumem o número e o tipo de equipamentos previstos instalar em cada obra, parte da empreitada, enquanto a disposição em planta consta dos desenhos de projeto relativos à instrumentação de cada um dos túneis (TMSA e TCB) e interferências associadas, designadamente:

i) Túnel TMSA

- Projeto P01 - P01-TMSA-TUN-PE-DES-OBS-90-01 a P01 - P01-TMSA-TUN-PE-DES-OBS-90-13
- Projeto P02 - P01-TMSA-TM1-PE-DES-OBS-90-01 e P01-TMSA-TM1-PE-DES-OBS-90-02

- Projeto P03 - P01-TMSA-TM1-PE-DES-OBS-90-01
- Projeto 04- P04-TMSA-TM2-PE-DES-OBS-90-01
- Projeto 05 - P05-TMSA-TM3-PE-DES-OBS-90-01
- Projeto 06 - P06-TMSA-TM4-PE-DES-OBS-90-01
- Projeto 07 - P07-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01
- Projeto 08 - P08-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01; e P08-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-02
- Projeto 09 - P09-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01
- Projeto 10 - P10-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01
- Projeto 11 - P11-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01 e P11-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-02.

ii) Túnel TCB

- Projeto P13 - P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01 a P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.03
- Projeto P14 - P14-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P15 - P15-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P16 - P16-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P17 - P17-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P18 - P18-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01.

A instrumentação aí definida é relativa não só à monitorização geotécnica e estrutural de cada um das obras da empreitada, mas igualmente à monitorização estrutural das interferências.

O Plano aqui apresentado será ajustado em fase de obra à medida da análise da evolução dos registos, não só do ponto de vista da localização dos equipamentos, como do número de aparelhos, e ainda ajustado às condições reais verificadas com a abertura das escavações e dos condicionamentos do traçado.

O levantamento geológico-geotécnico das frentes de escavação em qualquer tipo de obra acompanhará a análise dos resultados da monitorização geotécnica.

O capítulo seguinte 2.4.2 descreve a monitorização associada às obras a construir de cada um dos projetos, e o capítulo 2.4.3 à análise de risco e monitorização das interferências associadas.

## 2.4.2 MONITORIZAÇÃO GEOTÉCNICA E ESTRUTURAL DAS OBRAS

### 2.4.2.1 TÚNEL MONSANTO – SANTA APOLÓNIA (TMSA)

O número e o tipo de aparelhos previstos instalar em cada obra integrante da empreitada do túnel TMSA consta do Quadro 2-1.

#### a) Túnel TMSA

A disposição em planta das secções de instrumentação associadas ao túnel TMSA consta dos Desenhos P01-TMSA-TUN-PE-DES-OBS-90-01 a P01-TMSA-TUN-PE-DES-OBS-90-13 do Projeto de Execução P01.

Quadro 2-1 – Lista de equipamentos de observação nas obras de drenagem e espaços envolventes – TMSA

| PROJETO / PARTE DA EMPREITADA                                                                                                     | EQUIPAMENTO |                   |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|---------|------------------|----------|-----------|--------------------|----------|---------------|-----------------|------------|
|                                                                                                                                   | Bench Mark  | Marco Superficial | Alvo Topog. Retrof. | Prisma refletido | Inclin. | Press. Hidr. (*) | Converg. | Extensóm. | Régua Nivelada (*) | Cilindr. | Fissuróm. (*) | Célula de carga | Sismógrafo |
| PE1 PE1 - TMSA - Túnel de Monsanto - STA Apolónia<br>(Falta SPIE)                                                                 | 1           |                   |                     |                  |         | 9                |          |           |                    |          |               |                 | 1          |
| Interferências                                                                                                                    |             |                   | 5000                |                  |         |                  |          |           | 20                 | 20       | 20            |                 |            |
| PE2 TMSA - TM1 - Obra de desvio do Canelo (Pogo de Grossos e Tamisagem):<br>Pogo de Grossos e Tamisagem                           |             | 6                 | 14                  |                  | 4       | 3                |          |           |                    |          |               | 18              |            |
| Interferências                                                                                                                    |             | 2                 |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PE3 TMSA - TM1 - Obra de Desvio do Canelo (Bacia Anti Poluição)<br>Bacia Anti Poluição                                            |             | 9                 | 36                  |                  | 9       | 4                |          |           |                    |          |               | 32              |            |
| Interferências                                                                                                                    |             | 4                 | 2                   |                  |         |                  | 12       |           |                    |          |               |                 |            |
| PE4 TMSA - TM2 - Obras de Drenagem e Intersecção da Av. da Liberdade<br>CV01                                                      | 1           | 4                 |                     |                  | 1       | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| CD001                                                                                                                             |             | 2                 |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| CD002                                                                                                                             |             | 2                 |                     |                  |         | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| ML (linha Azul)                                                                                                                   |             | 10                |                     | 15               |         |                  | 5        |           |                    |          | 5             |                 |            |
| PE5 TMSA - TM3 - Obras de Intersecção de Santa Marta:<br>CV02                                                                     |             | 4                 |                     |                  | 1       |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| CD003                                                                                                                             |             | 2                 | 2                   |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| Cx TM3.01                                                                                                                         |             |                   |                     |                  |         | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PE6 TMSA - TM4 - Obras de Intersecção da Av. Almirante Reis:<br>CV03                                                              | 1           | 4                 | 1                   |                  | 1       | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| CD004                                                                                                                             |             | 2                 | 2                   |                  |         | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PO1                                                                                                                               |             | 2                 |                     |                  | 1       | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| ML (linha Verde)                                                                                                                  |             | 12                |                     | 18               |         |                  | 6        |           |                    |          |               |                 |            |
| (Falta SPIE)                                                                                                                      |             |                   |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PE7 TMSA - TM5 - Pogo de Ventilação e Acesso ao Túnel da Rua dos Remédios:<br>PO2                                                 | 1           | 4                 | 4                   |                  | 1       | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| Interferências                                                                                                                    |             | 6                 | 10                  |                  |         |                  |          |           |                    |          | 10            |                 |            |
| PE8 TMSA - TM5 - Obra de Descarga do Túnel em STA Apolónia - Zona A - Troço 1 (ZONA 1):<br>Canal                                  | 1           | 2                 |                     |                  |         | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| Interferências                                                                                                                    |             |                   | 5                   |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PE9 TMSA - TM5 - Obra de Descarga do Túnel em STA Apolónia - Zona A - Troço 2 (ZONA 2):<br>Canal                                  |             | 10                |                     |                  |         | 2                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| Interferências                                                                                                                    |             | 2                 | 2                   |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PE10 TMSA - TM5 - Obra de Descarga do Túnel em STA Apolónia - Zona B - Troço 1 (ZONA 3):<br>Canal                                 |             | 95                |                     |                  | 4       | 4                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| ML (linha Azul)                                                                                                                   |             | 38                |                     | 57               |         |                  | 19       |           |                    |          | 65            |                 |            |
| PE11 TMSA - TM5 - Obra de Descarga do Túnel em STA Apolónia - Zona B - Troço 2 (ZONA 4):<br>Canal                                 |             | 4                 |                     |                  |         | 1                |          |           |                    |          |               |                 |            |
| Interferências (APL)                                                                                                              |             | 16                |                     |                  | 2       |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PE12 TMSA - TM6 - Sistema de drenagem de AR domésticas e pluviais da zona baixa da bacia de STA Apolónia - Sector Ocidental<br>EE |             | 4                 |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| PE19 Requalificação de espaços exteriores em STA Apolónia: Instalação artística "Land Art"                                        |             |                   | 4                   |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| Total .....                                                                                                                       | 5           | 230               | 5082                | 90               | 24      | 31               | 42       | 0         | 20                 | 20       | 100           | 50              | 1          |
| Legenda:                                                                                                                          |             |                   |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| (*) - A realizar no âmbito na campanha de reconhecimento geológico- geotécnico                                                    |             |                   |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |
| (**) - Por estimativa                                                                                                             |             |                   |                     |                  |         |                  |          |           |                    |          |               |                 |            |

RELATÓRIO DE CONFORMIDADE AMBIENTAL DO PROJETO DE EXECUÇÃO (RECAPE)  
VOLUME 4 – ANEXOS  
ANEXO 8 – PLANOS DE MONITORIZAÇÃO

ANEXO 8.1 – PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO DAS OBRAS E DO PATRIMÓNIO EDIFICADO E  
ARQUITECTÓNICO POTENCIALMENTE EXPOSTO. ANÁLISE DE RISCO

GER-GER-GER-PE-REL-RCE-04.81-R0

Os equipamentos a instalar associados à construção do túnel propriamente dito, constam de:

- 221 perfis de convergência (3 alvos refletores por perfil);
- 24 strain gages;
- 9 piezómetros ( SEP1-1 a SEP1-9).

Outros equipamentos ligados particularmente aos emboquilhamentos constam das obras de entrada e de saída integradas nos projetos das intervenções associadas.

A monitorização das infraestruturas e edificações suscetíveis de serem afetadas pela escavação do túnel, é descrita no capítulo seguinte relativo às interferências e análise de risco - Cap. 2.4.3.2.1.

*b) TM1 -Obras de desvio do Caneiro de Alcântara e Bacia de Antipoluição*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de desvio do Caneiro de Alcântara e Bacia de Antipoluição consta dos Desenhos P02-TMSA-TM1-PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P02 e Desenho P03-TMSA-TM1-PE-DES-OBS-90-02-90.01 do Projeto de Execução P03.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra constam de:

- Poço de Grossos:
  - o 4 inclinómetros (IC1 a IC4);
  - o 6 marcas superficiais ( MT7 a MT12);
  - o 14 alvos (AT1 a AT14);
  - o 18 células de carga;
- Bacia Anti-Poluição:
  - o 9 inclinómetros (IC5 a IC13);
  - o 9 marcas superficiais (MT13 a MT21);
  - o 36 alvos (AT15 a AT50);
  - o 32 células de carga;
- 7 piezómetros ( SE2-1 a SE2-3; SE3-1 a SE3-3 e SE3-5).

c) *TM2 -Obras de Drenagem e Intercepção de caudais da Av. Da Liberdade*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de drenagem e intercepção de caudais da Av. da Liberdade consta do Desenho P04-TMSA-TM2- PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P04.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade de cada um, constam de:

- Uma marca de referência (“Bench mark”)
- CV01:
  - o 4 marcas superficiais (MT5 a MT8);
  - o 1 inclinómetro (IC1);
- CDC01: 2 marcas superficiais (MT3 e MT4);
- CDC01A: 2 marcas superficiais (MT9 e MT10)
- CDC02: 2 marcas superficiais (MT1 e MT2);
- 2 piezómetros (SE4-2 e SE4-3);
- Interferência com Túnel ML (Linha Azul):
  - o 5 secções de convergência (CV1 a CV5), com prismas de reflexão total;
  - o 10 marcas topográficas na soleira (2/secção de convergência);
  - o fissurómetros (eventual).

Para além desta interferência com o túnel ML, a monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem afetadas pela escavação do túnel, é apresentada no capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.1.

d) *TM3 -Obras de Drenagem e Intercepção de caudais de Santa Marta*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de drenagem e intercepção de caudais da R. de Santa Marta consta do Desenho P05-TMSA-TM3 -PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P05.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade de cada um, constam de:

- CV02:
  - o 4 marcas superficiais (MT3 a MT6);

- o 1 inclinómetro (IC1);
- CDC03:
  - o 2 marcas superficiais (MT1e MT2);
  - o 2 alvos topográficos (AT1 e AT2);
- 1 piezómetro (SE5-1).

A monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem afetadas pela escavação do túnel, consta do capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.1.

*e) TM4 -Obras de Drenagem e Interceção de caudais da Av. Almirante Reis*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de drenagem e interceção de caudais da Av. Almirante Reis consta do Desenho P06-TMSA-TM4-PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P06.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra constam de:

- Uma marca de referência (“Bench mark”)
- CV03:
  - o 5 marcas superficiais (MT3 a MT7);
  - o 1 inclinómetro (IC1);
  - o 1 alvo topográfico (AT3);
- CDC04:
  - o 2 marcas superficiais (MT1 e MT2);
  - o 2 alvos topográficos (AT1 e AT2);
- Poço de Ventilação P01:
  - o 2 marcas topográficas (MT8 e MT9);
  - o 1 inclinómetro (IC2);
- 3 piezómetros (SE6-1 a SE6-3);
- Interferência com Túnel ML (Linha Verde):
  - o 6 secções de convergência (CV1 a CV6),
  - o com prismas de reflexão total;
  - o 12 marcas topográficas na soleira (2/secção de convergência);
  - o fissurómetros (eventual).



Para além desta interferência com o túnel ML, a monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem afetadas pela escavação do túnel, é apresentada no capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.1.

*f) TM5 -Obras de Descarga em Sta Apolónia. Poço de Ventilação da R. dos Remédios P02*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras do Poço de Ventilação P02 da Rua dos Remédios consta do Desenho P07-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P07.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra constam de:

- Uma marca de referência (“Bench mark”)
- 4 marcas superficiais (MT1 a MT4);
- 1 inclinómetro (IC1);
- 1 piezómetro (SE7-1).

A monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem abrangidas pela faixa de afetação da escavação do túnel, consta do capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.1.

*g) TM5 – Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona A - Troço 1*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de descarga do Troço 1 da Zona A em Sta Apolónia, consta do Desenho P08-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P08.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra constam de:

- Uma marca de referência (“Bench mark”)
- Canal: 2 marcas superficiais (MT1 e MT2);
- 1 piezómetros (SE8-1).

A monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem abrangidas pela faixa de afetação da escavação do túnel, consta do capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.1.

#### *h) TM5 – Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona A - Troço 2*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de descarga do Troço 2 da Zona A em Santa Apolónia, consta do Desenho P09-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P09.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade de cada um, constam de:

- Canal: 10 marcas superficiais (MT1 a MT4; MT6, MT7; Mt9 a MT12);
- 2 piezómetros (SE9-1 e SE9-2);

A monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem abrangidas pela faixa de afetação da escavação do túnel, consta do capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.1.

#### *i) TM5 – Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona B - Troço 1*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de descarga do Troço 1 da Zona B em Sta Apolónia, consta do Desenho P10-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01 do Projeto de Execução P10.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e à interferência com o túnel ML, constam de:

- Canal:
  - o 95 marcas topográficas;
  - o 4 inclinómetros (IC1 a IC4);
- 4 piezómetros (PZ1 a PZ4), a instalar em furos próprios fora do quadro dos furos de sondagem pertencentes à campanha de reconhecimento geológico e geotécnico ;
- Interferência com Túnel ML (Linha Azul):
  - o 6 secções de convergência (CV1 a CV6), com prismas de reflexão total;
  - o 38 marcas topográficas na soleira (2/secção de convergência);
  - o 57 fissurómetros (por estimativa).

Do total das marcas à superfície, cerca de 35 serão perdidas com o faseamento construtivo. Estas servirão para as primeiras medições associadas ao controlo dos primeiros trabalhos de melhoria do terreno.

j) *TM5 –Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona B - Troço 2*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de descarga do Troço 2 da Zona B em Sta Apolónia, consta do Desenho P11-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-01 e P11-TMSA-TM5-PE-DES-OBS-90-02 do Projeto de Execução P11.

A instrumentação desta obra, designadamente do cais APL, confunde-se com a da estrutura do Cais da APL adjacente, pela interseção de ambas ( Quadro 2-1):

- Canal: 4 marcas topográficas (MT9 a MT12;
- 2 inclinómetros: IC1 e IC2
- 1 piezómetro (SE11-1);
- Interferência cais APL:
  - o 16 marca topográficas (MT1 a MT8; MT13 a MT20);
  - o 2 inclinómetros (IC1 e IC2).

k) *TM6 – Sistema de drenagem de AR da zona baixa de Sta Apolónia – sector ocidental*

Dada a localização desta obra (EE) na proximidade do túnel executado a céu aberto, a sua monitorização acaba por beneficiar da instrumentação projetada para as obras adjacentes, pelo que os equipamentos a instalar e dedicados às escavações se resumem a 4 marcas topográficas (MT1 a MT4).

#### 2.4.2.2 TÚNEL CHELAS – BEATO (TCB)

O número e o tipo de aparelhos previstos instalar em cada uma das obras integrantes da empreitada do túnel TCB consta do Quadro 2-2.

Quadro 2-2 – Lista de equipamentos de observação nas obras de drenagem e espaços envolventes – TCB

|       | PROJETO / PARTE DA EMPREITADA                                                                             | EQUIPAMENTO |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|----------------------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|------------|
|       |                                                                                                           | Bench Mark  | Marca Superficial | Alvo Topog. Retrofl. | Prisma reflexão | Inclin.  | Piez. Hidr. (*) | Converg. | Extensóm. | Régua Nivelad. (**) | Clinóm.   | Fissuróm. (**) | Célula de carga | Sismógrafo |
| PE13- | TCB - Túnel Chelas - Beato                                                                                | 1           |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 | 1          |
|       | - Túnel                                                                                                   |             | 63                |                      |                 | 1        | 4               | 5        |           |                     |           |                | 10              |            |
|       | - Interferências                                                                                          |             |                   | 100 (**)             |                 |          |                 |          |           |                     |           | 20 (**)        |                 |            |
| PE14- | TCB - Obras de Desvio do Caneiro de Chelas                                                                |             |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | - Obra de desvio                                                                                          |             | 8                 | 16                   |                 | 3        | 2               |          |           |                     |           |                | 16              |            |
|       | - Interferências                                                                                          |             | 5                 | 2                    |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
| PE15- | TCB - Obra de Descarga do Túnel no Beato - Troço 1: Canal desde a saída do Túnel até à Zona da APL        | 1           |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | - Canal                                                                                                   |             | 18                |                      |                 | 1        | 3               |          |           |                     |           |                | 4               |            |
|       | - Interferências                                                                                          |             |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
| PE16- | TCB - Obra de Descarga do Túnel no Beato - Troço 2: Atravessamento da APL e Descarga no Terminal de Carga |             |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | - Canal                                                                                                   |             |                   |                      |                 |          | 2               |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | - Interferências                                                                                          |             | 29                |                      |                 | 2        |                 |          |           |                     | 13        |                |                 |            |
| PE17- | TCB - Obras de Intersecção em Chelas                                                                      |             |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | - Obras                                                                                                   |             |                   |                      |                 |          | 3               |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | - Interferências (CDC Broma)                                                                              |             | 2                 |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
| PE18- | TCB - Obras de Intersecção no Beato                                                                       |             |                   |                      |                 |          |                 |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | - CDC R. Amigos de Lisboa                                                                                 |             |                   |                      |                 |          | 1               |          |           |                     |           |                |                 |            |
|       | <b>Total .....</b>                                                                                        | <b>2</b>    | <b>125</b>        | <b>18</b>            | <b>0</b>        | <b>7</b> | <b>15</b>       | <b>5</b> | <b>0</b>  | <b>0</b>            | <b>13</b> | <b>0</b>       | <b>30</b>       | <b>1</b>   |

Legenda:

(\*) - A realizar no âmbito na campanha de reconhecimento geológico- geotécnico

(\*\*) - Por estimativa

A disposição em planta dos equipamentos de monitorização a instalar em cada uma destas obras consta dos seguintes desenhos:

- Projeto P13 - P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01 a P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.03
- Projeto P14 - P14-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P15 - P15-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P16 - P16-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P17 - P17-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01
- Projeto P18 - P18-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01.

a) *TCB – Túnel*

Apresenta-se nos Desenhos P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01 a P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.03 a representação em planta das secções de instrumentação associadas ao túnel TCB.

Dadas as condições geológicas e geotécnicas favoráveis do traçado em perfil e dada a profundidade a que este túnel se desenvolve, definiram-se 53 secções de observação à superfície através de marcas topográficas (MT), complementadas no interior do túnel com medição de convergências (CV).

Particularmente e no que se refere ao número de secções de medição de convergência, a quantidade prevista poderá ser retificada em face do comportamento do maciço durante a escavação e das condições geológicas e geotécnicas observadas.

As várias secções à superfície localizam-se, entre outros, na proximidade das edificações existentes e dos atravessamentos das linhas de caminho-de-ferro da Cintura de Lisboa e da Linha do Norte que, em geral, ocorrem a grande profundidade. Cada secção comporta cinco (5) marcas topográficas (MT) no terreno posicionadas em simetria relativamente ao eixo vertical do túnel, compreendendo uma marca sobre o eixo, duas a 3-4m de distância e duas a cerca de 9m do eixo.

Paralelamente, estão previstos 12 inclinómetros (IC) em secções estratégicas, nomeadamente junto do emboquilhamento Norte (Pk0+001), junto da Linha do Norte (Pk0+880 – Pk0+920), junto da parede de contenção do emboquilhamento de jusante do túnel na Rua Amigos de Lisboa e os restantes em particularidades geológicas nomeadamente nos contactos de transição entre

formações estratigráficas distintas (Pk0+485) e junto aos atravessamentos de rodovias (Pk 0+194, Pk0+780).

As paredes de contenção das escavações para os emboquilhamentos serão auscultadas através de marcas topográficas (MT) instaladas nas vigas de coroamento das paredes, afastadas entre si de um máximo de 10-15m. Nestas paredes e em dois níveis, serão, igualmente, colocados alvos fixos (AT) para observação topográfica (X, Y, Z), correspondentes às prumadas onde se encontram colocadas as marcas de nivelamento.

Nestes elementos estruturais, serão ainda observadas algumas das ancoragens, através de leituras de células de carga de pré-esforço (CP), a instalar uma por nível de ancoragens.

Atendendo à previsão feita nesta fase acerca dos deslocamentos à superfície e originados pela escavação do túnel, em que as deflexões ou deslocamentos diferenciais do terreno são de muito baixo valor na bacia de subsidência, não se antevê a necessidade da instalação de outros tipos de equipamentos para controlo das deformações nas edificações para além de alvos topográficos.

A instalação dos inclinómetros (IC) junto à linha de caminho-de-ferro da IP, justifica-se apenas por razões de precaução e segurança, dadas as limitações das deformações dos terrenos na circulação ferroviária, incrementadas pelos fenómenos de relaxação do maciço e de carregamento da via, nem sempre passíveis de simulação pelos cálculos.

A totalidade dos equipamentos será instalada o mais cedo possível, antes de iniciado qualquer trabalho na zona.

Nestas condições e em síntese, os equipamentos a instalar associados ao túnel, constam de:

- 4 marcas de referência (4 « *bench-mark* »);
- 56 perfis de convergência (3 alvos reflectores por perfil);
- 53 marcas de superfície
- 5 extensómetros multi-pontos;
- 10 inclinómetros
- 15 strain gages;
- 10 células de carga para os emboquilhamentos;

A monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem afetadas pela escavação do túnel, consta do capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.2.

b) *TC1 - Obras de desvio dos Caneiros de Av. Estados Unidos da América, Vale de Chelas e Calçada da Picheleira*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas às obras de desvio dos caneiros de Av. Estados Unidos da América, Vale de Chelas e Calçada da Picheleira, consta do Projeto P14 - P14-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade de cada um, constam de:

- Obra de desvio:
  - o 3 inclinómetros (IC1 a IC3);
  - o 8 marcas superficiais (MT6 a MT13);
  - o 18 alvos topográficos (AT3 a AT20);
  - o 16 células de carga;
- 2 piezómetros (SE14-1 e SE14-2);
- Interferências:
  - o 5 marcas superficiais (MT1 a MT5);
  - o 2 alvos topográficos (AT1 e AT2).

c) *TC2 - Obra de descarga do túnel no Beato – Troço 1*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas ao Troço 1 da obra de descarga do túnel TCB no Beato, consta do Projeto P15 - P15-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade de cada um, constam de:

- Canal:
  - o 12 marcas topográficas (MT1 a MT12);
  - o 1 inclinómetro (IC1);
  - o 4 células de carga (CP1 a CP4);



- o 3 piezómetros ( SE15-1 a SE15-3).

A monitorização das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são suscetíveis de serem afetadas pela escavação do túnel, consta do capítulo seguinte - Cap. 2.4.3.2.2.

d) *TC2 - Obra de descarga do túnel no Beato – Troço 2*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas ao Troço 2 da obra de descarga do túnel TCB no Beato, consta do Projeto P16 - P16-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade de cada um, constam de:

- Canal:
  - o 4 marcas topográficas (MT15, MT16, MT19 e MT21);
  - o 2 piezómetros (SE16-1 e SE16-2);
- Interferência Cais APL:
  - o 2 inclinómetro (IC1 e IC2);
  - o 13 clinómetros (CL 1 a CL13);
  - o 25 marcas topográficas ( MT1 a MT14; MT17, MT18, MT 20; MT22 a MT 29).

e) *Sistema de Drenagem na Zona de Chelas, incluindo as câmaras de desvio de caudal de Broma, Quartel e Picheleira*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas ao sistema de drenagem na zona de Chelas, consta do Projeto P17 - P17-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade de cada um, constam de:

- 3 piezómetros (SE17-1 a SE17-3);
- Interferências: 2 marcas superficiais (MT1 e MT2).

f) *Sistema de Drenagem na Zona do Beato incluindo a câmara de desvio de caudal da R. Amigos de Lisboa*

A representação em planta das secções de instrumentação associadas ao sistema de drenagem na zona do Beato, consta do Projeto P18 - P18-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01.

Pela proximidade da câmara de desvio de caudal do troço TC2 do túnel executado igualmente a céu aberto, a monitorização desta obra confunde-se com aquela. Um piezómetro dedicado a esta obra (SE18-1) foi previsto no plano de monitorização, atendendo à profundidade da escavação e à influência dos níveis de água na dependência das variações dos níveis no rio Tejo.

## 2.4.3 MONITORIZAÇÃO ESTRUTURAL DAS INTERFERÊNCIAS

### 2.4.3.1 CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

As situações mais críticas e que merecem maior atenção, dizem respeito às edificações e infraestruturas localizadas nas áreas adjacentes às obras de interceção da Av. da Liberdade (TM2), de Santa Marta (TM3) e da Av. Almirante Reis (TM4), assim como à obra de saída do túnel TMSA e obras de descarga em Santa Apolónia (TM5), obras de desvio dos caneiros da Av. Estados Unidos da América, Vale de Chelas e Picheleira (TC1) e de descarga no Beato (TC2).

### 2.4.3.2 AVALIAÇÃO DO RISCO DE DANOS NAS EDIFICAÇÕES. MONITORIZAÇÃO

#### 2.4.3.2.1 TÚNEL MONSANTO – SANTA APOLÓNIA (TMSA)

a) Túnel TMSA

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra do túnel TMSA constam do projeto P01 – TMSA. Túnel e respetivos anexos.

As edificações analisadas dentro do corredor de referência de 60m de extensão, centrado no eixo em planta do túnel Monsanto – Santa Apolónia executado segundo a metodologia TBM na maior parte da extensão do túnel e segundo a metodologia NATM no troço terminal de 42m, classificam-se em geral com risco de dano igual ou inferior à 1ª Categoria, segundo o critério de Burland.

Para estas condições contribuíram as tecnologias e os processos construtivos adotados nesta obra da maior importância, desenvolvida em meio urbano densamente edificado.

Relativamente à tecnologia da escavação com recurso à TBM, a abordagem na análise da escolha de uma tuneladora exigiu a integração de vários parâmetros (geometria, geotecnia, método de construção, segurança, custo, tempo, envolvente, etc.) e que permitiram quantificar a pertinência da escolha para o projeto, por forma a garantir a segurança em primeiro, a rentabilidade do processo e a qualidade exigida.

Neste caso do TMSA e no que concerne à limitação dos efeitos induzidos nos edifícios vizinhos, a escavação do túnel com o método mecanizado envolve na sua zona de influência várias centenas de edifícios, para além da passagem subterrânea de três linhas do ML existentes (Linha Azul, Linha Amarela e Verde), muitos serviços subterrâneos e linhas de caminho-de-ferro / elétrico. Assim, foi necessário identificar, desde logo, os riscos potenciais e avaliar a sua ocorrência, o "nível de probabilidade" das diferentes famílias de risco ao longo do traçado, e estimar a incidência da tuneladora na minimização desse risco, ou seja, o "nível de impacto" das consequências envolvidas sobre o projeto, definindo medidas de mitigação, sempre que necessário.

A escolha da tuneladora recaiu sobre tuneladora de pressão de terra (EPB – Earth Pressure Balance), que funciona em sistema aberto ou confinado e em que neste tipo de escudo, a pressão na frente de escavação é mantida através de uma pasta pressurizada obtida misturando-se o solo escavado que entra na câmara de escavação com água e aditivos apropriados (espumas ou polímeros) e que permite o controlo da estabilidade na frente da escavação e consequentemente das deformações induzidas.

Os resultados do cálculo dos assentamentos e dos efeitos induzidos para estas condições mostram que:

- no troço de montante, inserido nas formações do Complexo Vulcânico de Lisboa (CVL) mais resistentes (falha e Santa Marta incluídas) os efeitos induzidos pelo túnel mecanizado de acordo com os critérios de Burland e Rankin podem ser considerados insignificantes;
- no atravessamento da falha ao Pk 0+356, as análises mostram que, com uma pressão de confinamento mínima de 0,1MPa, não é necessário nenhum tratamento do solo ou reforço estrutural;
- cerca do Pk 1+450, o alinhamento do túnel de drenagem cruza o alinhamento do túnel do Marquês de Pombal com um recobrimento da ordem de 47 m constituído por formações

rochosas competentes. Atendendo a estas características e ao elevado recobrimento, consideram-se negligenciáveis as deformações induzidas pela escavação do túnel de drenagem no túnel do Marquês;

- na Rua de Santa Marta – PK 2+204, as análises mostram que não é necessário tratamento de conforto do solo ou reforço estrutural prévio para a passagem em modo aberto no local deste ponto singular.
- no troço de jusante inserido nas formações predominantemente miocénicas, a partir da zona de Santa Marta, os efeitos induzidos pelo túnel mecanizado são insignificantes a ligeiros, de acordo com os critérios de Burland. Se considerarmos os critérios de Rankin, vemos que os efeitos induzidos se tornam mais relevantes, mas ainda aceitáveis, nas zonas baixas.
- na área de menor cobertura do traçado, na zona do atravessamento da Av. Almirante Reis (junto ao Pk 3+080), a pressão operacional está muito próxima da pressão de rotura do terreno (0,37MPa), o que representa um limite superior e em que os nesta área os assentamentos máximos são iguais a cerca de 12 mm. Neste troço, destaca-se ainda o atravessamento da sob a Linha Verde do ML, em que nesta zona a faixa de pressão da TBM é muito estreita. Devido à sobrecarga mínima, a pressão operacional de projeto teve de respeitar o limite superior da pressão de rotura, tendo por esse facto, efeitos induzidos nos edifícios ligeiramente mais altos, mas ainda aceitáveis, de acordo com Burland e Rankin. De acordo com os resultados das análises realizadas, o assentamento máximo induzido no túnel ML é igual a 20 mm (no nível do solo é 10 mm). Este valor é maior que o assentamento máximo imposto 10 mm, pelo que e a fim de respeitar os limites impostos e reduzir a pressão mínima de projeto da TBM nesta zona, é previsto um melhoramento do solo por injecções.
- no Largo do Intendente Pina Manique (Pk 3+160): as análises mostram que, com uma pressão de confinamento no eixo de 0,260 MPa, não é necessário nenhum tratamento de conforto do solo ou reforço estrutural prévio para passar sob os edifícios deste ponto singular.
- mais para jusante, a pressão operacional é mantida constante em 0,32 MPa, do Pk 3+250 ao Pk 3+900 para reduzir a perda de volume na frente. Em vez disso, em solo de grão fino a pressão é aproximadamente igual a 0,8-0,9 bar, porque a frente é estável e o comportamento não é drenado (sem pressão de água);
- na Rua dos Remédios (PK 4+380), as análises mostram que uma vez chegados ao solo consolidado com fibra de vidro e drenados, a pressão da TBM pode ser reduzida a 0. Não há necessidade de tratamento adicional do solo;

- relativamente à zona de Santa Apolónia, na secção final da escavação mecanizada, observa-se um aumento dos assentamentos ao nível da superfície. Este resultado é consistente com a sobrecarga da cobertura, nível freático, características geotécnicas, mas principalmente com a hipótese de paragem da EPB. A paragem está prevista no Pk 4+392 e nesta condição, a classe de dano é induzida pelo assentamento em avanço. Os efeitos induzidos são considerados aceitáveis tanto para os edifícios (de acordo com Burland e Rankin) como para os serviços afetados (de acordo com Attewell), não sendo necessário nenhum tratamento de reforço prévio à escavação;

Nos edifícios potencialmente afetados pela escavação com TBM, incluem-se os referidos na documentação do processo da empreitada e que mereceram pela sua importância arquitetónica e à semelhança dos restantes, a atenção para os eventuais efeitos da passagem do túnel e que se listam:

- Av. Miguel Torga, 166
- Rua Brancaamp, 3/3B – Bank of China
- Av. Liberdade, 247 - Hotel Turim
- Av. Liberdade, 245 - Embaixada Japão
- Av. Liberdade, 240 a 230
- R. Rodrigues Sampaio, 63.

Nos resultados acima mencionados, a rigidez dos edifícios, a melhoria do solo e a redução da pressão da água devido ao sistema de drenagem foram negligenciadas, pelo que os assentamentos e os danos efetivos serão menores.

Relativamente ao troço final do túnel, escavado em contra-ataque pela metodologia NATM (PK 4+392 a PK 4+437), as análises foram particularmente focadas para a análise da viabilidade do método de escavação proposto, respeitando as limitações dos efeitos induzidos sobre o edificado vizinho.

Os resultados das análises e modelações realizadas mostram que a viabilidade do método de escavação é confirmada, no que diz respeito à limitação dos efeitos induzidos no edificado de proximidade. As verificações de deformação sobre a Muralha Fernandina e os edifícios são satisfeitos de acordo com os critérios de avaliação escolhidos, pelo que se admite não ser necessário nenhum tratamento de reforço prévio à escavação.

Os equipamentos a instalar associados aos elementos de obra e às construções de proximidade, constam de:

- Seis marcas de referência (6 « bench-mark »);
- Instrumentação das rodovias para o túnel:
  - 140 marcas de superfície
  - 16 inclinómetros
  - 10 extensómetros multipontos
  - 10 piezómetros (SE1-1 a SE1-9), excluindo os piezómetros afetos às obras associadas e que servirão a este projeto.
- Interferências (edifícios):
  - 900 alvos topográficos
  - 500 réguas de nivelamento
  - 500 bases para medição com tiltmeters
  - 1350 fissurómetros
- Interferência com Túnel ML (Linha Amarela) na Rua Braamcamp:
  - 4 secções de convergência (CV1 a CV4), com prismas de reflexão total;
  - 8 alvos topográficos na soleira (2/secção de convergência);
  - crackmeters (eventuais).
- Interferência com Túnel ML (Linha Azul) na Av. Liberdade:
  - 3 secções de convergência (CV6 a CV8), com prismas de reflexão total;
  - 6 alvos topográficos na soleira (2/secção de convergência);
  - crackmeters (eventuais).
- Interferência com Túnel ML (Linha Verde) na Av. Almirante Reis:
  - 6 secções de convergência (CV1 a CV6),
  - com prismas de reflexão total;
  - 12 marcas topográficas na soleira (2/secção de convergência);
  - Crackmeters (eventual).

b) TM1 -Obras de Desvio do Caneiro de Alcântara

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Obras de Desvio do Caneiro de Alcântara constam dos Projetos P02 e P03. Neles se faz uma avaliação das deformações induzidas na vizinhança pelas escavações a céu aberto, ao abrigo de estruturas de contenção vertical multi-ancoradas, tendo-se concluído pela inexistência de

qualquer impacto dos movimentos gerados pela descompressão do terreno em infraestruturas e edificado da zona, dado o afastamento dos mesmos da área de trabalho.

Apesar desta condição e da localização de três edifícios a preservar na zona A de influência da escavação, preconizou-se o seguinte equipamento a instalar:

- o 6 marcas superficiais ( MT 1 a MT6);
- o 2 alvos topográficos (AT1 e AT2);
- o Caneiro de Alcântara: 12 secções de convergência.

c) TM02 -Obras de Drenagem e Interceção de caudais da Av. Da Liberdade

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Obras de Drenagem e Interceção de caudais da Av. Da Liberdade constam do Projeto P04.

No caso concreto da obra de intersecção TM02 na Avenida da Liberdade, a localização das obras hidráulicas associadas foi definida no separador lateral Este da Av. da Liberdade, a fim de minimizar as interferências com outras infraestruturas, durante a construção e com o tráfego.

Para além dos serviços afetados relacionados com as infraestruturas superficiais das diferentes redes da cidade, como interferências maiores destacam-se:

- a interferência das ligações CDC01 – TM2.01 e CDC01A – JN35.1 dos coletores triplos DN 700 em tubagem PRVD com o túnel do Metropolitano de Lisboa (ML-linha azul), distanciando da crista do túnel ML em menos de 1m ;
- as interferências da CDC01A, CDC01 e CCD02 com os edifícios adjacentes localizados respetivamente no lado Norte e no lado Sul dos cruzamentos da Av da Liberdade com a R. Alexandre Herculano, apesar das distâncias confortáveis (>5m ) às empenas das edificações face às geometrias das caixas.

Relativamente à câmara de queda em vórtice CV01, a sua localização no separador central da avenida e o tipo de contenção provisória proposto para a sua construção, constituído por uma estrutura bastante rígida face aos impulsos das terras, garantem que os deslocamentos na envolvente não tenham qualquer impacto nas edificações de vizinhança. De modo idêntico, para as câmaras de desvio de caudal CDC01, CDC01A e CDC02, embora por razões diferentes, as soluções de contenção serão constituídas por entivações adequadas que minimizem as deformações e os deslocamentos na proximidade.



As análises das deformações geradas pelas escavações do poço e das caixas, na proximidade do edificado e que foram estimadas no projeto P04, através de métodos numéricos com recurso ao programa Plaxis, revelaram que aquelas são de muito baixo valor, abaixo dos limites máximos recomendados pelo EC7, pelo que o risco de danos no edificado de proximidade se estima nas Categorias 0 a 1, segundo a Classificação de Burland. Inclui-se nesta condição o conjunto de edifícios reconhecido em sede de EIA como Património Arquitectónico no cruzamento da Av. da Liberdade com a R. Alexandro Herculano (lado poente - conjunto nº111) a preservar e neste caso, afetado pela construção da caixa CDC01.

A instrumentação das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são abrangidas pela faixa de afetação definida, consta do Quadro 2-1.

d) TM03 -Obras de Drenagem e Interceção de caudais de Santa Marta

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Obras de Drenagem e Interceção de caudais da R. de Santa Marta constam do projeto P05.

No caso concreto da obra de interseção TM03, a sua localização e implantação, no cruzamento da Rua de Santa Marta com a Rua Barata Salgueiro e Travessa do Enviado de Inglaterra, foi condicionada, em particular, pela pouca área disponível, tendo-se procurado minimizar a interferência com as restantes infraestruturas existentes. Para isso e para além dos serviços afetados, houve a preocupação de considerar métodos construtivos que assegurem que as áreas de maior descompressão afetadas à escavação do maciço não impactem de modo significativo com as edificações de proximidade.

Relativamente às caixas de menor dimensão, o processo construtivo previsto passa pelo recurso a entenações modulares, uma vez que a sua profundidade e localização assim o permite, sem impacto na proximidade, sendo considerado o mais adequado.

Da análise efetuada à implantação destas obras e envolvente, a câmara de desvio de caudal CDC03 é a que merece maior atenção pela maior proximidade das edificações, neste caso os prédios da Rua de Santa Marta, nºs 44 e 46, e com menor impacto o edifício do Palácio dos Condes de Redondo referenciado como Património Arquitectónico a preservar (edifício nº10).

Relativamente ao edifício com os números de polícia 44 e 46, trata-se de uma construção devoluta com pedido de licenciamento para reforço e construção de uma cave. Atualmente encontra-se

com as paredes exteriores escoradas, o que favorece a minimização dos efeitos das escavações sobre a estrutura do edifício. Quanto ao Palácio dos Condes de Redondo, ele dista de aproximadamente 100m do limite da caixa CDC03, pelo que do ponto de vista da suscetibilidade a impactes ele é praticamente inexistente.

No que concerne à câmara de queda em vórtice CV02, a sua localização no cruzamento das ruas de Sta Marta e Barata Salgueiro e o tipo de contenção provisória proposto para a sua construção, constituído por uma estrutura bastante rígida face aos impulsos das terras, garantem que os deslocamentos na envolvente não tenham impacto significativo na vizinhança.

De modo semelhante às obras da Av. da Liberdade também aqui se analisaram no projeto as deformações geradas pelas escavações do poço e das caixas, na proximidade do edificado, as quais se revelaram de muito baixo valor, abaixo dos limites máximos recomendados pelo EC7, pelo que o risco de danos no edificado de proximidade se estima nesta zona nas Categorias 0 a 1, segundo a Classificação de Burland, 1995.

A instrumentação das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são abrangidas pela faixa de afetação definida, consta do Quadro 2-1.

e) TM04 -Obras de Drenagem e Interceção de caudais da Av. Almirante Reis

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Obras de Drenagem e Interceção de caudais da Av Almirante Reis constam do Projeto P06.

Tal como para as anteriores obras de interseção, houve aqui a mesma preocupação de considerar métodos construtivos que assegurem que as áreas de descompensação do terreno resultante da escavação não impactassem de modo significativo com as edificações de proximidade.

No caso concreto da obra de interseção TM04, tentou-se minimizar a interferência com o maior eixo de circulação local - Av. Almirante Reis, e com as restantes infraestruturas existentes, em particular do ML.

Neste sentido, a câmara de queda em vórtice CV03 foi implantada no vértice do cruzamento da Av. Almirante Reis com a R. Antero de Quental, fora daquele eixo central. As caixas CDC04 e TM4.03 ficam implantadas na lateral descendente (lado poente) da mesma avenida, próximas das edificações. Não obstante este exercício, as caixas e coletores que as ligam, estão situados perto

de edifícios, com a cota de fundação a cerca de 6.60 m abaixo da cota da rua. Esta condição de proximidade destas obras, obrigou a projetar a construção de estruturas provisórias de contenção suficientemente rígidas de modo a minimizar o impacto das escavações no terreno e estruturas adjacentes.

De modo semelhante no que concerne à câmara de queda em vórtice CV03. A sua proximidade das edificações da R. Antero de Quental e do ML, assim como o posicionamento do box-culvert de ligação à câmara de desvio de caudal CDC04, determinaram a adoção de uma estrutura de contenção bastante rígida em poço circular, que garanta que os deslocamentos na envolvente sejam mínimos, sem impacto significativo.

Os edifícios referenciados em sede de EIA nesta zona (Zona 3) e dentro da faixa de 60m com potencial suscetibilidade a impactes resultantes das construções das obras (edifício nº19 – Largo do Intendente, nºs 24-26; 74 – Antigo Convento do Desterro, entre outros; conjunto de 5 edifícios: nº75 – R. Antero de Quental, 1-27), estão nestas condições expectáveis de não virem a ser afetados. Todas estas construções têm como construção de maior proximidade o Poço de Vórtice CV03 executado ao abrigo de uma contenção bastante rígida.

As análises das deformações geradas pelas escavações do poço e das caixas, na proximidade do edificado, revelaram que estas são de muito baixo valor, abaixo dos limites máximos recomendados pelo EC7, pelo que o risco de danos no edificado de proximidade se estima nesta zona nas Categorias 0 a 1, segundo a Classificação de Burland.

Dentro do mesmo princípio de minimização das interferências, o poço de ventilação P01, implantado no Largo do Intendente, de secção circular com 5m de diâmetro interior e 18.5m de profundidade, será construído pelo método NATM na vertical, ao abrigo de uma estrutura de contenção por estacas.

A instrumentação das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são abrangidas pela faixa de afetação definida, consta do Quadro 2-1.

f) TM05 -Obras de Descarga em Sta Apolónia. Poço de Ventilação da R. dos Remédios P02

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Poço de Ventilação P02 da R. dos Remédios, constam do Estudo Prévio E7.

O poço de ventilação P02, localiza-se na faixa central da R. dos Remédios, com fortes limitações de espaço e muito próxima de edificações antigas, o que determina a adoção de um processo construtivo compatível com estas condições. O processo passa pela escavação da secção interior do poço, em meio confinado, com entivação rígida adequada às condições geotécnicas do maciço envolvente e à geometria da obra, e compatível com a proximidade das edificações e com a mobilidade dos equipamentos que terão de ser adaptados àquelas condições locais.

Para estas condições, os deslocamentos estimados à superfície e devidos à construção do poço, são residuais ( $< 1$  mm), e assim, não são suscetíveis de afetarem o comportamento estrutural dos edifícios adjacentes. A análise de risco de danos, segundo o critério de Burland, classifica-os na Categoria 1, pelo que são considerados de muito ligeiros, identificados com danos estéticos – Anexo 1.

Não obstante estas condições, a proximidade da obra recomenda a implementação do seguinte equipamento:

- uma marca de referência (“Bench mark”)
- 4 marcas superficiais (MT1 a MT4);
- 4 alvos topográficos (AT1 a AT4).

g) TM05 – Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona A - Troço 1

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Obras de Descarga em Sta Apolónia relativas ao Troço 1 da Zona A, constam do Estudo Prévio E8.

O início deste troço, situado imediatamente a jusante do emboquilhamento do túnel em Santa Apolónia, interfere com o edificado localizado do lado poente da R. Museu da Artilharia. A partir daí, a construção atravessa a mesma rua, passando para o lado poente praticamente em área aberta no Largo Museu da Artilharia, sem interferências estruturais significativas com o edificado.

Pela proximidade do edificado existente no trecho inicial deste troço e final do túnel propriamente dito, as interferências decorrentes da execução das obras incidem particularmente sobre os prédios do Beco do Belo e do Beco do Surra, assim como com a estrutura da Muralha Fernandina e com a Ermida do Senhor Jesus da Boa Nova (edifício nº26A). Nesta zona, o edificado do Beco do Belo e do Beco do Surra, em particular o nº8 do Beco do Belo, e os nºs 1, 3 e 5 do Beco do Surra, assim

como a Muralha Fernandina, apresentam as suas fundações próximas da escavação, o que obriga à adoção de processos construtivos próprios para que o desmonte do terreno não afete as partes estruturais. De modo semelhante, mas embora com maiores recobrimentos, ocorrem entre a R. dos Remédios, o Beco do Surra e o Beco da Lapa, edifícios igualmente antigos e cuja salvaguarda se assegura pelo mesmo processo construtivo a adotar.

A solução proposta para suprir estes condicionamentos, encontra-se descrita no projeto P08 e respetivos desenhos, que resumidamente se traduz pela escavação do troço final do túnel em cerca de 44m de extensão a partir do Beco do Belo e em direção à saída da TBM, executado a coberto de um chapéu rígido pelo método NATM, capaz de garantir a limitação dos danos nas edificações à Categoria 1 do critério de Burland, conforme avaliação feita no projeto. Trata-se de muito pequenos danos, a desprezáveis.

Não obstante a categoria de danos ser avaliada como de baixa relevância (Categoria 1), a perigosidade do processo ao risco envolvido, determina a monitorização do edificado em toda a área com alvos topográficos em dois níveis, marcos topográficos no terreno, fissurómetros e eventualmente clinómetros.

A instrumentação das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são abrangidas pela faixa de afetação definida, consta do Quadro 2-1 e que se resume a:

- Uma marca de referência (“Bench mark”):
- Marcos topográficos: 8 (MT1 a MT8)
- Interferências: 6 alvos topográficos (AT1 a AT6);
- Réguas: 6 (R1 a R6)
- Fissurómetros ( eventual)
- Clinómetros (eventual).

#### h) TM05 –Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona A - Troço 2

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Obras de Descarga em Sta Apolónia relativas ao Troço 2 da Zona A, constam do projeto P09.

Na zona do traçado em análise, a interferência com maior relevância na construção da obra de descarga é o edifício do Museu Militar. Este edifício, que foi referenciado em sede de EIA como Património a preservar (Edifício nº30), apresenta uma orientação enviesada relativamente ao eixo da obra de descarga, com o canto mais próximo situado a aproximadamente 5 m da contenção

com estacas prancha contraventadas pelo interior à superfície. Estas condições de contraventamento, implementado desde logo do início da escavação, minimizam os deslocamentos do terreno que poderão ocorrer, particularmente à superfície.

Para o edifício em análise e para as situações mais desfavoráveis obteve-se um assentamento absoluto máximo  $\delta_1=6,7$  mm, um assentamento diferencial  $\delta v=6,9$  mm, uma deflexão máxima  $\Delta h=4,6$  mm e uma variação de deslocamentos horizontais  $\delta h=4$  mm. Atendendo à deformação horizontal e à razão de deflexão, respetivamente  $\epsilon h=0,028$  % e  $\Delta h/L=0,03$  %, a categoria de risco de danos corresponde à Categoria 1, ou seja, danos muito ligeiros, apenas estéticos, pelo que se considera dispensável outra instrumentação para além de marcas e alvos topográficos a dois níveis e clinómetros dada proximidade da obra e o tipo de construção (Museu Militar) e do respetivo levantamento estrutural.

A instrumentação das edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são abrangidas pela faixa de afetação definida, consta do Quadro 2-1 e que se resume a.

- o 2 marcas topográficas (MT5 e MT8)
- o 2 alvos topográficos (AT1 e AT2);
- o Clinómetros: (2 Cl1 e Cl2).

i) TM05 –Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona B - Troço 1

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das Obras de Descarga em Sta Apolónia relativas ao Troço 1 da Zona B, constam do projeto P10.

A execução do canal neste troço tem como interferência de grande relevo na sua construção, a presença do túnel ML da Linha Azul, cuja abóboda se encontra a menos de 1m de distância da laje de fundação.

Este forte condicionamento determinou um processo e faseamento construtivo particular do canal no atravessamento, tendo em conta a vulnerabilidade da construção e o conseqüente risco envolvido.

A análise de deformações realizada pelo MEF com recurso ao programa “Plaxis 2D” e tendo em consideração o modelo reológico “Hardening Soil” e as diferentes fases do processo construtivo (quatro fases), permitiu estimar deformações máximas no túnel ML inferiores a 1cm. Os deslocamentos verticais máximos obtidos no topo da abóboda são da ordem dos 9 mm, e na base



da plataforma da ordem dos 2 mm. No sentido horizontal, os deslocamentos são da ordem dos 6 mm. Para este nível de deformações compatível com o tipo de estrutura articulada do revestimento composto por aduelas de betão, pode concluir-se que os esforços daí resultantes são reduzidos e facilmente absorvidos pelas tensões de compressão nas aduelas.

Pela interação das várias componentes de obra que são suscetíveis de afetar a estabilidade do túnel ML, a instrumentação desta interferência consta do capítulo anterior – Cap. 2.4.2.1.

Relativamente ao edificado de proximidade, não existem edificações a menos de 40m da zona a intervir e assim, a influência dos trabalhos será desprezável.

j) TM05 –Obras de Descarga em Sta Apolónia. Zona B - Troço 2

A obra final de saída do TMSA tem como principal condicionante a execução da estrutura na zona de influência do Tejo, na sua parte terminal, coincidindo com a zona sob a jurisdição da Administração do Porto de Lisboa (APL) nas estruturas do cais existente. Assim, a obra de descarga do TMSA atravessa, na secção final, essa estrutura em alvenaria a qual fica sensivelmente a 30,0 m da zona acostável.

O processo construtivo proposto para a execução desta obra permite fazer a escavação ao abrigo de estruturas de contenção rígidas, pelo que as deformações no terreno envolvente não terão impacto na envolvente. Neste contexto e atendendo ainda a que o comportamento estrutural do cais é unidirecional no sentido ortogonal ao rio, ou seja paralelo ao canal a executar, o dano expectável nos trechos que lhe são adjacentes é associado à Categoria 1 ou inferior, segundo a classificação de Burland. Na prumada do trecho ocupado pela construção do canal, a estrutura do cais é substituída pela nova estrutura de descarga.

A instrumentação das interferências na envolvente desta obra, designadamente do cais APL, confunde-se com a própria obra ( Quadro 2-1):

- 2 inclinómetros: IC1 e IC2
- 1 piezómetro (SE11-1);
- 20 marca topográficas (MT1 a MT20).

Relativamente a edificações de proximidade, a construção deste troço desenvolve-se suficientemente distante de edifícios e de infraestruturas fixas, para ser capaz de as afetar.



#### 2.4.3.2.2 TÚNEL CHELAS – BEATO (TCB)

##### a) Túnel TCB

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra do túnel TCB constam do projeto P13.

Os assentamentos máximos esperados à superfície, das secções analisadas, estão compreendidos entre 31 mm e 16mm. Estes assentamentos correspondem ao troço compreendido entre Pk0+00 a Pk0+070, como resultado da fraca qualidade mecânica e da baixa cobertura das formações sobrejacentes. O assentamento de 31mm em Pk 0+00 no emboquilhamento em Chelas não constitui por si qualquer problema à superfície, pois não há edifícios ou infraestruturas na proximidade.

Não obstante estes serem os valores mais elevados, os assentamentos diferenciais à superfície e em toda a extensão do traçado são igualmente muito baixos (0,5 0/00), sem consequências para as ocupações de proximidade.

Quanto à generalidade das interferências analisados dentro do corredor de referência de 60m de extensão, centrado no eixo em planta do túnel Chelas – Beato, destacam-se quatro delas:

- A linha do caminho-de-ferro da Cintura de Lisboa ao Pk 0+430, cujo túnel cruza de forma oblíqua;
- a linha do caminho-de-ferro (Linha do Norte) ao Pk0+900, cujo túnel a cruza na ortogonal;
- a presença do Geomonumento na R. Capitão Leitão entre Pk0+930- Pk0+970, aliás não muito distante do cruzamento com a linha do caminho de ferro do Norte;
- o emboquilhamento na R. Amigos de Lisboa, no Beato Pk 1+080.

Na secção de atravessamento da Linha de Cintura, em que o túnel está a cerca de 45m de profundidade, o assentamento máximo é da ordem de 5 mm, sendo o diferencial de 0,1<sup>0/00</sup>, o que só por si justifica o facto de não serem expectáveis problemas à exploração da linha de caminho-de-ferro.

Nas duas secções seguintes – Linha do Norte e Geomonumento, os assentamentos à superfície na prumada do túnel nestas duas secções são da ordem de 12mm. Nestes trechos o túnel é

escavado em formações geológicas resistentes das Argilas de Xabregas, a uma profundidade da superfície ordem de 20m, ou seja, cerca de três diâmetros de escavação, o que corrobora a possibilidade de a descompressão do maciço à superfície ser baixa. No caso do Geomonumento, acresce a este facto a sua localização em planta, distanciando-lhe do eixo cerca de 25m.

Na secção do emboquilhamento da R. dos Amigos de Lisboa, o assentamento máximo é 7mm, e o assentamento diferencial ligeiramente inferior a 0,5 ‰.

Quanto à generalidade das interferências dentro do corredor de referência de 60m de extensão centrado no eixo em planta do túnel Chelas – Beato e identificadas nos Desenhos P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01 a P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.03, as deformações avaliadas à superfície em várias secções do corredor, classificam-nas na Categoria de risco de danos igual ou inferior a 1, segundo o critério de Burland. Neste sentido, os danos previstos destas edificações serão apenas estéticos ou não visíveis, pelo que se considera nesta fase dispensável outra instrumentação para além de marcas de superfície e alvos topográficos a dois níveis e dos respetivos levantamentos estruturais.

A instrumentação do terreno à superfície, das infraestruturas e edificações localizadas na área de interferência desta obra e que são abrangidas pela faixa de afetação definida, consta do Quadro 2-2 e resumem-se a:

- 4 marcas de referência (4 « bench-mark »);
- Interferências (edifícios):
  - 60 alvos topográficos
  - 10 réguas de nivelamento
  - 10 bases para medição com tiltmeters
  - 60 fissurómetros (eventuais)
- • Interferência com as linhas férreas da IP (Linha do Norte, Linha de Cintura de Lisboa):
  - 7 alvos topográficos instalados em cada um dos carris (lado esquerdo e direito) perfazendo um total de 14 na Linha do Norte e 14 na Linha de Cintura.
  - 2 inclinómetros.
- 4 piezómetros.

b) TC1 - Obras de desvio dos Caneiros de Av. Estados Unidos da América, Vale de Chelas e Calçada da Picheleira

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra do túnel TCB constam do projeto P14.

As soluções estruturais adotadas, quer para a fase provisória quer para a definitiva, foram concebidas de modo a limitar as deformações horizontais e à superfície de forma a não afetar as construções vizinhas. Atendendo às deformações obtidas nos cálculos das contenções provisórias e ao afastamento das construções existentes, o nível de risco de danos nas edificações não ultrapassa o nível 1 de acordo com a classificação de Burland.

A instrumentação das edificações localizadas na área de interferência desta frente de obra e que são abrangidas pela faixa de afetação, consta do Quadro 2-2. Nesta frente e um pouco à semelhança das restantes frentes de obra com escavações à superfície, a instrumentação de parte do edificado confunde-se com a da própria obra. Nesta zona de Chelas, distinguem-se, contudo e apenas, duas edificações inseridas na zona B de influência e que serão monitorizadas com os seguintes equipamentos:

- 5 marcas superficiais (MT1 a MT5);
- 2 alvos topográficos (AT1 e AT2).

c) TC2 - Obra de descarga do túnel no Beato – Troço 1

Este troço do canal de descarga no Beato desenvolve-se nos primeiros 75m ao longo da Rua dos Amigos de Lisboa, segundo a qual a escavação é executada ao abrigo de estruturas de contenção em estacas moldadas, a que se segue um segundo trecho executado nas mesmas condições, ligado ao trecho final a construir ao abrigo de cortinas rígidas de estacas prancha.

Estas estruturas pela sua rigidez minimizam as deformações na envolvente, pelo que nesta fase não são expectáveis afetações no edificado da Rua dos Amigos de Lisboa.

Análises das deformações realizadas no projeto P15 revelaram que as mesmas são de muito baixo valor, abaixo dos limites máximos recomendados pelo EC7, pelo que o risco de danos no edificado de proximidade se estima nesta zona nas Categorias 0 a 1, segundo a Classificação de Burland, 1995. Fora do trecho da Rua dos Amigos de Lisboa, o canal desenvolve-se praticamente em área aberta, com um traçado suficientemente afastado das edificações para que haja risco de danos a considerar.

Neste contexto, a monitorização proposta e dirigida para o edificado de proximidade, cinge-se à R. dos Amigos de Lisboa e que neste caso se confunde com a da própria obra. O equipamento proposto resume-se a marcas topográficas, para além do levantamento estrutural e patrimonial dos mesmos.

A instrumentação desta obra e do edificado abrangido pela faixa de afetação, consta do Quadro 2-2.

d) TC2 - Obra de descarga do túnel no Beato – Troço 2

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra do Troço 2 relativo às obras de descarga do túnel no Beato, constam do projeto P16.

Para além das interferências com a atividade portuária, este troço colide diretamente com o cais do terminal de carga, pelo que a própria solução e os métodos construtivos a utilizar reconstituirão o cais afetado, repondo-lhe condições de segurança exigidas à luz da regulamentação em vigor.

Os equipamentos propostos para a monitorização da construção nesta zona terminal do cais são:

- o 2 inclinómetros (IC1 e IC2);
- o 13 clinómetros (CL 1 a CL13);
- o 29 marcas topográficas ( MT1 a MT 29);
- o 2 piezómetros (SE 16-1 e SE16-2).

Outras interferências, nomeadamente com edificações existentes a preservar ou património arqueológico, não estão aqui referenciadas. Neste contexto, nenhuma avaliação de danos na vizinhança se justifica.

e) Obras de Interseção em Chelas

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações em obra das obras do Sistema de Drenagem na Zona de Chelas constam do projeto P17.

Tanto a câmara de Broma como a de Quartel localizam-se em espaço aberto, livre de edificações de proximidade e como tal, distantes de qualquer interferência a preservar. Por outro lado, a câmara da Picheleira de dimensões reduzidas localiza-se junto das obras de desvio dos caneiros, pelo que a instrumentação e a monitorização das interferências se confundem.

f) Obras de Interseção no Beato

A previsão dos deslocamentos à superfície e os níveis esperados das deformações da Câmara de Interseção da R. Amigos de Lisboa na Zona do Beato constam do projeto P18. Também aqui nesta obra e derivado da proximidade com o túnel escavado a céu aberto, a instrumentação das interferências na R. Amigos de Lisboa se confundem com a da obra do túnel.

#### 2.4.4 PERIODICIDADE DAS OBSERVAÇÕES

Um (1) mês antes do arranque das escavações ou da passagem da frente de escavação subterrânea dos túneis, serão instalados os aparelhos previstos e realizadas leituras iniciais visando o estabelecimento de leituras estabilizadas (leituras de referência). Estas leituras iniciais serão feitas com uma periodicidade no mínimo diária, modificando-se esta frequência com o evoluir das escavações, não só em função da estabilização que vier a ser encontrada e das respetivas taxas de variação, como da eventualidade da ocorrência de situações consideradas anómalas.

A manutenção das leituras decorrerá durante todo o período de obra em que é suscetível a ocorrência de danos, definido como sendo o tempo decorrente até ao momento em que a taxa de deslocamentos seja igual ou inferior a 2.0 mm/ano.

As frequências de leitura de princípio definem-se para cada tipo de obra, do seguinte modo:

- Túneis e cruzamentos com linhas de caminho-de-ferro:
  - leituras semanais nas secções até 50m à frente e até 50m atrás (ou seja, 100m centrados com a posição da frente) passando a mensais após aquela distância da frente, até que se atinjam os 200m de distância;
  - após 200m de distância podem considerar-se periodicidades semestrais até ao final da obra TBM ou à instalação do suporte definitivo NATM.

Durante a fase de construção, a monitorização dos movimentos/deslocamentos e a sua posterior análise constitui, assim, um elemento chave na adequabilidade dos sistemas de contenção ou suporte provisórios, e do próprio faseamento construtivo. Para isso, e durante aquele período, a informação recolhida será tratada de forma sistemática e em tempo real com o avanço das escavações na vertical ou em subterrâneo.

- Escavações em poço ou trincheira a céu aberto:

- Leituras bi-diárias (48h) até à conclusão da escavação, passando a semanais até que a estabilização ocorra dentro dos limites previstos no projeto (taxa de deslocamento igual ou inferior a 0.01 mm/dia), passando a mensais até à conclusão dos principais trabalhos da frente.
- Edificações de proximidade (interferências):
  - Interferências resultantes da escavação dos túneis: o mesmo critério aplicado aos túneis;
  - Interferências resultantes da escavação em poço ou trincheira a céu aberto: o mesmo critério aplicado à obra,

sendo mantidas durante todo o período suscetível da ocorrência de danos, definido como o tempo decorrente até ao momento em que a taxa de deslocamentos seja igual ou inferior a 2.0 mm/ano.

- ML (interior e exterior):
  - Quinzenal durante dois (2) meses: na fase prévia à passagem da frente de escavação, até 50m à frente e atrás da secção de atravessamento; e no caso das obras executadas a céu aberto, a mesma frequência e duração na fase que antecede o início dos trabalhos de escavação;
  - Bi-diária (48h) durante o desenvolvimento da obra correspondente à passagem da frente de escavação em subterrâneo ou a céu aberto;
  - No caso do atravessamento da Linha Azul em Santa Apolónia, medidas cautelares estão previstas para serem adotadas e que respeitam à medição quinzenal dos inclinómetros na proximidade do túnel no exterior durante um período de 4 meses após a finalização dessa frente de trabalho.
- Estruturas e obras existentes junto dos cais das obras terminais TMSA e TCB:
  - Quinzenal durante os primeiros dois (2) meses da fase prévia das escavações e três (3) meses após a finalização das obras;
  - Bi-diária (48h) durante o desenvolvimento da obra.

Nestes casos, a proximidade da obra deve medir-se entre planos verticais.

#### 2.4.5 NÍVEIS DE ALERTA

O sistema de alerta para a obra subterrânea deverá basear-se não só nos valores dos deslocamentos máximos estimados e já referidos, como, principalmente, nos seguintes critérios:

- acompanhamento geológico-geotécnico detalhado da obra;
- estudo das curvas deslocamento-tempo, nomeadamente os incrementos de primeira e de segunda ordem, que correspondem à velocidade e à aceleração dos deslocamentos, respetivamente;
- comparações entre os resultados, sistematicamente, obtidos em distintas secções de observação;
- comparações com os resultados teóricos em modelos analíticos e numéricos;
- interpretação das deformações, em função da profundidade, das características geotécnicas dos terrenos, e eventualmente, função dos acidentes geológicos.

Dada a dificuldade em fixar um parâmetro de referência para o alerta ou para o desencadear de atuações de emergência, definem-se intervalos variáveis, de acordo com a evolução do comportamento da obra, balizando as tomadas de decisão.

Tomando como referência as convergências ou os assentamentos estimados (L), teremos, os seguintes níveis:

- |              |                |
|--------------|----------------|
| ▪ Normal     | - 0 a 0.75L    |
| ▪ Alerta     | - 0.75 a 0.90L |
| ▪ Emergência | - 0.90 a 1.0L  |

Paralelamente e em antecipação a estes patamares, é definido um critério de alarme, que culmina com o alerta, com base na variação da taxa de deformação (velocidade). Esta taxa, que é função do modo de escavação e das características de plastificação e de resistência dos terrenos, será fixada após as primeiras observações ao comportamento do maciço.

Para distâncias superiores a valores da ordem de um diâmetro da escavação do túnel, poder-se-ão fixar, como princípio, e em função do que se admite serem os valores mais verosímeis das deformações, e ainda pelo conhecimento que se dispõe de outros trabalhos, os seguintes valores para as taxas de variação como critérios de análise:

- |                |                 |
|----------------|-----------------|
| ▪ > 0.1 mm/dia | : estabilização |
| ▪ 0.1 mm/dia   | : atenção       |



- 1 mm/dia : alerta

Relativamente aos critérios de “alerta” e de “alarme” para o túnel do ML, consideram-se os seguintes valores:

- Para a estrutura:
  - Alerta: deformações de 7 mm;
  - Alarme: deformações de 10 mm;
- Para os carris:
  - o Deformações Verticais (em Perfil Longitudinal) para uma corda de 6m:
    - Alerta: 3 mm, positivos ou negativos;
    - Alarme: 5 mm, positivos ou negativos.
  - o Deformações Horizontais (em Planta), para uma corda de 4m:
    - Alerta: 3 mm, positivos ou negativos;
    - Alarme: 5 mm, positivos ou negativos.

No caso das estruturas existentes dos cais junto às obras terminais dos túneis TMSA e TCB, considera-se como níveis de:

- Alerta: deformação localizada com um rebaixamento de 1,5 cm.
- Alarme: deformação vertical de 3,0 cm.

## 2.5 FASE DE SERVIÇO

### 2.5.1 MONITORIZAÇÃO ESTRUTURAL

Durante a fase de serviço, a monitorização dos túneis visa avaliar o comportamento da estrutura ao longo do tempo e as variações das suas principais características, de forma a que seja possível compreender os fenómenos que ocorrem durante a sua vida. Esta observação deve efetuar-se de forma sistemática e planeada para que possa ser garantida a segurança e a funcionalidade das obras. Para além disso, permite a verificação da adequabilidade dos critérios utilizados no projeto face ao comportamento observado na obra e, caso necessário e numa forma interativa, a alteração do processo construtivo adotado e, ainda, a aquisição de conhecimentos que permitam uma melhor fundamentação na avaliação do controle da segurança em futuras obras.

Esta observação será concretizada com:

- o registo contínuo dos deslocamentos e temperatura feito remotamente através de sensores de fibra ótica instalados longitudinalmente e em secções estratégicas das galerias, ligados a uma central de leitura;
- e mediante inspeções visuais planeadas e excepcionais.

Os sensores de fibra ótica (ou redes de *Bragg*) serão instalados longitudinalmente embebidos no betão do revestimento ou selados com resina epóxi.

No caso do túnel TMSA, prevêem-se 15 secções transversais de medição, localizadas nas secções críticas resultantes das singularidades de condições geológicas desfavoráveis e de condicionamentos de proximidade de outras infraestruturas ou órgãos hidráulicos – P01-TMSA-TUN-PE-DES-OBS-90-01 a P01-TMSA-TUN-PE-DES-OBS-90-13. Do mesmo modo, o túnel TCB será instrumentado com cinco (5) secções, definidas pelos mesmos princípios, neste caso, sobretudo por razões de proximidade de construções ou infraestruturas à superfície – P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.01 a P13-TCB-TUN-PE-DES-OBS-90.03.

Durante a fase de serviço, a observação deverá compreender, no essencial:

- a coleta de informação, quer resultante de inspeções visuais, quer proveniente das medidas obtidas nos equipamentos ou dispositivos de observação;
- a compilação, o tratamento, a análise e a interpretação da informação obtida;
- a representação gráfica dos resultados de forma a evidenciar claramente as variações e tendências mais importantes, bem como de sinais de alerta, e a elaboração de relatórios periódicos; e
- a verificação e manutenção regular de todos os instrumentos ou dispositivos de leitura.

Relativamente às interferências, apenas as que forem sujeitas a intervenções de reforço ou recalce serão objeto de observação.

## 2.5.2 MONITORIZAÇÃO HIDRÁULICA

A monitorização hidráulica do sistema de drenagem prevê a instalação de sensores em diversas secções ao longo do túnel, e nas câmaras de descarga.

O objetivo da monitorização das águas residuais circulantes visa:

- a recolha de dados de alturas de escoamento;

- de caudais de descarga; e,
- de parâmetros de qualidade, em secções estratégicas, que permitam a avaliação espacial e temporal dessas grandezas.

As componentes para monitorização hidráulica, incluem sensores de altura de escoamento/pressão e de velocidade, assim como a instalação de sensores de altura de escoamento e de velocidade por sensores ultrassónicos de tempo de trânsito nos túneis (para condições de nível de enchimento igual ou superior a mais de metade da secção, ou velocidades de escoamento iguais ou superiores a 10m/s) a 50m m das secções de entrada de caudal do desvio dos caneiros, em Monsanto, em Chelas, e de 25m após as entradas na Av. Liberdade, R. St<sup>a</sup> Marta e Av. Almirante Reis.

De modo idêntico, nas obras de desvio dos caneiros (TM1 e TC1), nas câmaras de desvio de caudal e de vórtice (TM2 a TM4) e câmara de válvulas de maré (TM5), onde está prevista a instalação de medições de nível por radar (em condições de parcialmente cheio) e por pressão (para condições de enchimento igual ou superior a 50%). Estas unidades são constituídas por transdutor, unidade electrónica de controlo e indicador digital.

Na obra de desvio do caneiro de Alcântara (TM1) há ainda a considerar a instalação de medidores eletromagnéticos de caudal, associados às condutas em pressão.

Na câmara de válvula de maré (CVM), localizada no Troço 2 da Zona A do canal TM5 em Santa Apolónia, está prevista a instalação de um sistema de medição de nível por radar, capaz de medir o nível diferencial a montante e a jusante da válvula para efeito do controlo da descarga.

Finalmente, o poço de bombagem da estação elevatória em Santa Apolónia (TM6) estará equipado com medidores de nível e de caudal (eletromagnético) para efeito do comando dos grupos das eletrobombas.

A caracterização destes equipamentos é apresentada em cada um dos projetos da empreitada onde estes equipamentos intervenham.

As localizações para a monitorização hidráulica, o tipo de monitorização, os parâmetros e os tipos de medidores, constam do Quadro 2-3.

## Quadro 2-3 – Locais de monitorização hidráulica

| Local de monitorização                                                                                                                                                                                                                            | Tipo de monitorização                | Parâmetro                                                                                                       | Tipo de medidor                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sistema Alcântara                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Obra de desvio do caneiro de Alcântara (TM1)                                                                                                                                                                                                      |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| saída para a ETAR                                                                                                                                                                                                                                 | Monitorização operacional/vigilância | Medição do nível e de velocidade (para estimar o caudal que segue para a ETAR)                                  | Híbridos: <ul style="list-style-type: none"><li>Medição de nível por radar (parcialmente cheio)</li><li>Medição de nível por pressão (nível ≥ 50%)</li><li>Medição de velocidade por sensores ultrassónicos de tempo de trânsito (nível ≥ 50% ou v ≥ 10m/s)</li></ul>                                                              |
| mediatamente a montante dos tamisadores no canal                                                                                                                                                                                                  | Monitorização operacional/vigilância | Medição de nível (comando dos tamisadores TM01 a TM12)                                                          | Radar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| mediatamente a montante das comportas de ligação ao túnel                                                                                                                                                                                         | Monitorização operacional/vigilância | Medição de nível (comando das comportas VAL02 e VAL03)                                                          | Radar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| mediatamente a montante da câmara de regulação de caudais                                                                                                                                                                                         | Monitorização investigação           | Medição de nível (informação adicional sobre o caudal que aflui à câmara de regulação)                          | Radar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ubagem de admissão de caudal à bacia antipoluição DN1600)                                                                                                                                                                                         | Monitorização investigação           | Medição de caudal (determinar caudal admitido na bacia)                                                         | Electromagnético                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| mediatamente a montante dos tamisadores na bacia antipoluição                                                                                                                                                                                     | Monitorização operacional/vigilância | Medição de nível (comando dos tamisadores TM13 a TM15 e comportas VAL04 e VAL05)                                | Radar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| poço de bombagem da EE da bacia antipoluição                                                                                                                                                                                                      | Monitorização operacional            | Medição do nível (comando dos grupos eletrobombas)                                                              | Medidor de pressão hidrostática                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Conduta elevatória de ligação ao caneiro (DN800) da EE da bacia antipoluição                                                                                                                                                                      | Monitorização investigação           | Medição de caudal (controlo de funcionamento dos grupos e medição do caudal afluente ao caneiro)                | Electromagnético                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| o túnel a cerca de 50m do trecho inicial (DN5500)                                                                                                                                                                                                 | Monitorização investigação           | Medição de nível e de velocidade (para estimar o caudal afluente ao túnel, proveniente do caneiro)              | Híbridos: <ul style="list-style-type: none"><li>Medição de nível por radar (parcialmente cheio)</li><li>Medição de nível por pressão (nível ≥ 50%)</li><li>Medição de velocidade por radar (parcialmente cheio)</li><li>Medição de velocidade por sensores ultrassónicos de tempo de trânsito (nível ≥ 50% ou v ≥ 10m/s)</li></ul> |
| poço de grossos/câmara de tamisagem                                                                                                                                                                                                               | Monitorização operacional/vigilância | Medição de sulfídricos no ar                                                                                    | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Câmaras de desvio de caudal (TM2 a TM4)                                                                                                                                                                                                           |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Câmara de desvio de caudal da Av. Da Liberdade caixa 1 e caixa 2)                                                                                                                                                                                 | Monitorização operacional/vigilância | Medição de nível (para estimular o caudal afluente ao túnel, proveniente de cada entrada)                       | <ul style="list-style-type: none"><li>Medição de nível por radar (parcialmente cheio)</li><li>Medição de nível por pressão (nível ≥ 50%)</li></ul>                                                                                                                                                                                 |
| Câmara de desvio de caudal da Rua de Sta. Marta                                                                                                                                                                                                   |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Câmara de desvio de caudal da Av. Almirante Reis                                                                                                                                                                                                  |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Câmaras de vórtice (TM2 a TM4)                                                                                                                                                                                                                    |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| o túnel a 25m a jusante do colector de ligação das: <ul style="list-style-type: none"><li>Câmara vórtice da Av. Da Liberdade (CV01)</li><li>Câmara vórtice da Rua de Sta. Marta (CV02)</li><li>Câmara vórtice da Av. Alm. Reis (CDC-CV)</li></ul> | Monitorização operacional/vigilância | Medição de nível (para estimular o caudal afluente ao túnel, proveniente de cada entrada)                       | <ul style="list-style-type: none"><li>Medição de nível por radar (parcialmente cheio)</li><li>Medição de nível por pressão (nível ≥ 50%)</li></ul>                                                                                                                                                                                 |
| Câmaras de válvulas de maré (TM5)                                                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Câmara de válvulas de maré (CVM)                                                                                                                                                                                                                  | Monitorização operacional/vigilância | Medição do nível diferencial a montante e a jusante da válvula de maré (para controlo de descarga pela válvula) | Radar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Estação elevatória (TM6)                                                                                                                                                                                                                          |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| poço de bombagem da EE Sta. Apolónia                                                                                                                                                                                                              | Monitorização operacional            | Medição de nível (comando dos grupos eletrobombas)                                                              | Medidor de pressão hidrostática                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Conduta elevatória da EE Sta. Apolónia (DN200)                                                                                                                                                                                                    | Monitorização operacional            | Medição de caudal (controlo de funcionamento dos grupos e medição do caudal bombado)                            | Electromagnético                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Sistema de Chelas                                                                                                                                                                                                                                 |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Obra de desvio dos caneiros                                                                                                                                                                                                                       |                                      |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| o caneiro do Vale de Chelas a montante da confluência, antes das quedas existentes                                                                                                                                                                | Monitorização investigação           | Medição de nível (para estimar o caudal que segue para túnel)                                                   | Radar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| o caneiro da Av. EUA a montante da confluência                                                                                                                                                                                                    | Monitorização investigação           | Medição do nível (para estimar o caudal que segue para túnel)                                                   | Radar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

Lisboa, Outubro de 2021

## BIBLIOGRAFIA

[1] – CM Lisboa; Hidra/Engidro (2017). Processo de Concurso para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas. II.2 – Elementos de Solução de Obra. II.2.1 – Programa Preliminar. *Vol.I – Modelação e Zonamento Geológico e Geotécnico. Tomo 1 – Memória Descritiva e Justificativa.*

[2] - CM Lisboa; Hidra/Engidro (2017). Processo de Concurso para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas. II.2 – Elementos de Solução de Obra. II.2.1 – Programa Preliminar. *Vol.I – Modelação e Zonamento Geológico e Geotécnico. Tomo 2 – Peças Desenhadas.*

[3] - CM Lisboa; Hidra/Engidro (2017). Processo de Concurso para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas. II.2 – Elementos de Solução de Obra. II.2.1 – Programa Preliminar. *Vol.II. Túneis Monsanto – Sta Apolónia e Chelas Beato. Tomo 1 – Memória Descritiva e Justificativa.*

[4] - CM Lisboa; Hidra/Engidro (2017). Processo de Concurso para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas. II.2 – Elementos de Solução de Obra. II.2.1 – Programa Preliminar. *Vol.II. Túneis Monsanto – Sta Apolónia e Chelas Beato. Tomo 2 – Peças Desenhadas.*

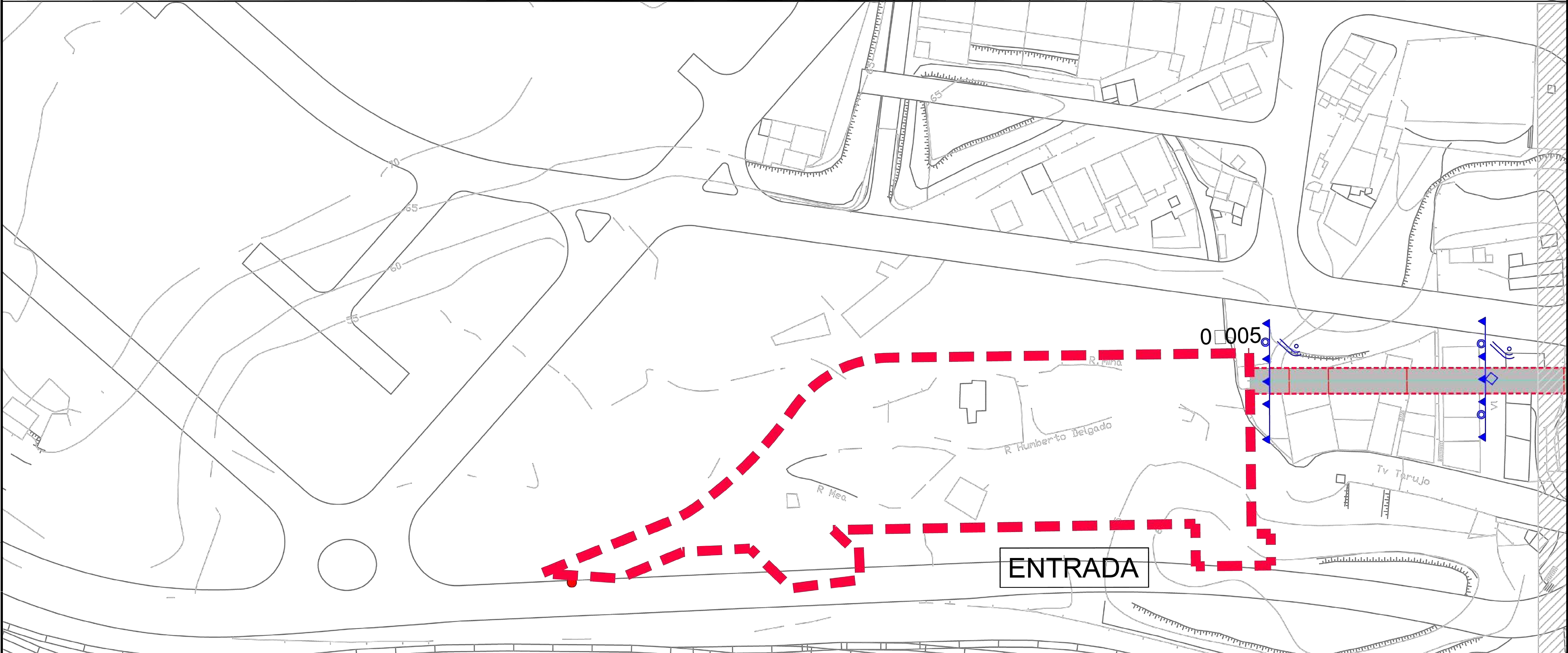
[5] - CM Lisboa; Hidra/Engidro (2017). Processo de Concurso para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas. II.2 – Elementos de Solução de Obra. II.2.1 – Programa Preliminar. *Vol.III. Obras de Desvio, Interceção e de Descarga dos Túneis Monsanto – Sta Apolónia e de Chelas - Beato. Tomo 1 – Memória Descritiva e Justificativa.*

[6] - CM Lisboa; Hidra/Engidro (2017). Processo de Concurso para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas. II.2 – Elementos de Solução de Obra. II.2.1 – Programa Preliminar. *Vol.III. Obras de Desvio, Interceção e de Descarga dos Túneis Monsanto – Sta Apolónia e de Chelas - Beato. Tomo 2 – Peças Desenhadas.*

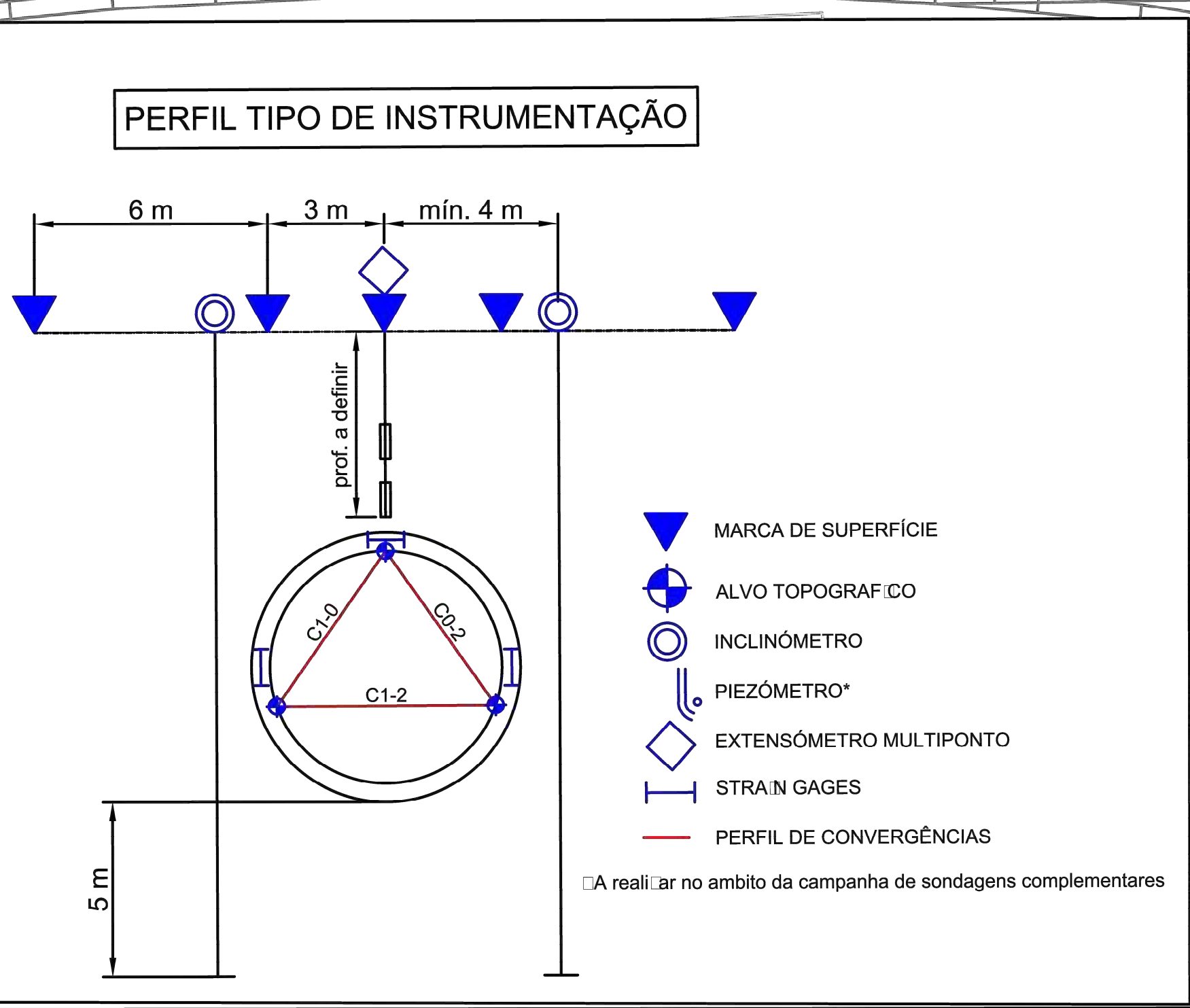
[7] – CM Lisboa (2017). Processo de Concurso para a Empreitada de Execução dos Túneis de Drenagem da Cidade de Lisboa e Intervenções Associadas. II.2 – Elementos de Solução de Obra. Anexos II.2.2 - *Estudos Geológicos e Geotécnicos. Relatórios Síntese dos Túneis Monsanto-Santa Apolónia e Chelas Beato (LNEC)*



RESERVAÇÃO DE DIREITOS DE AUTORIA E DE IMAGEM  
TODAS AS IMAGENS E/OU LOGOTIPOS DE TERCEIROS INCLuíDOS NESTA OBRA SÃO DE PROPRIEDADE DE SEUS RESPECTIVOS DETENTORES E NÃO SE ENQUADRAM NEM DE FORMA IMPLÍCITA NEM DE FORMA EXPLÍCITA NA RESPONSABILIDADE DA LCBW AQUA LOGUS



| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 |                      |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 |                      |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 |                      |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |



|          |         |                  |          |
|----------|---------|------------------|----------|
| A        | 2018/10 | PRIMEIRA EMISSÃO |          |
| REVISÃO: | DATA:   | DESCRIÇÃO:       | RUBRICA: |



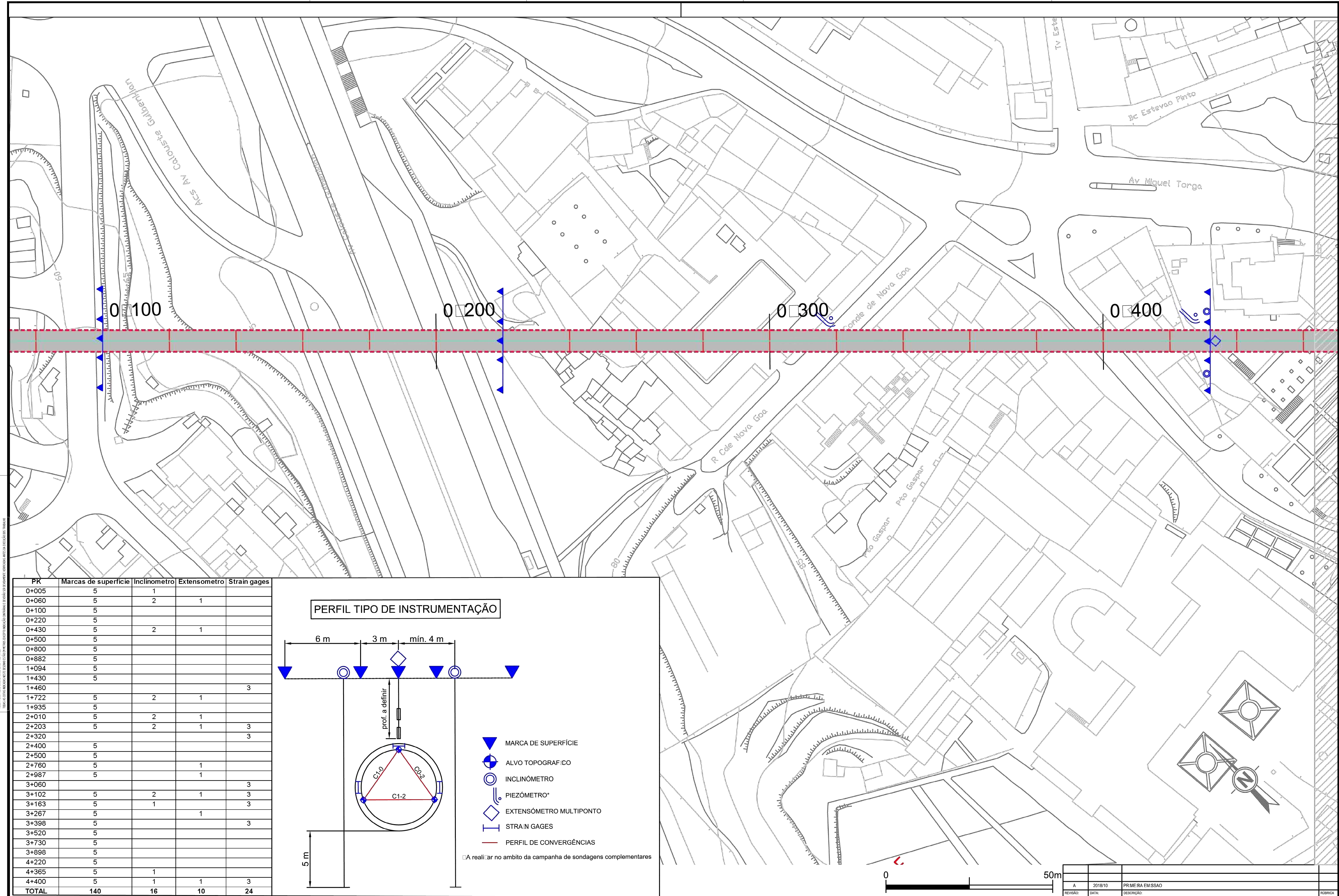
PROJETO: EMPREITADA DOS TÚNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS  
PROJETO 01 - TMSA : TUNEL MONSANTO - SANTA APOLONIA

|          |          |            |
|----------|----------|------------|
| ESCALAS: | PROJETO: | VERIFICOU: |
| 1:2500   | JRB      | JRB        |
|          | DESENHO: | APROVOU:   |
|          | CA       | JRB        |

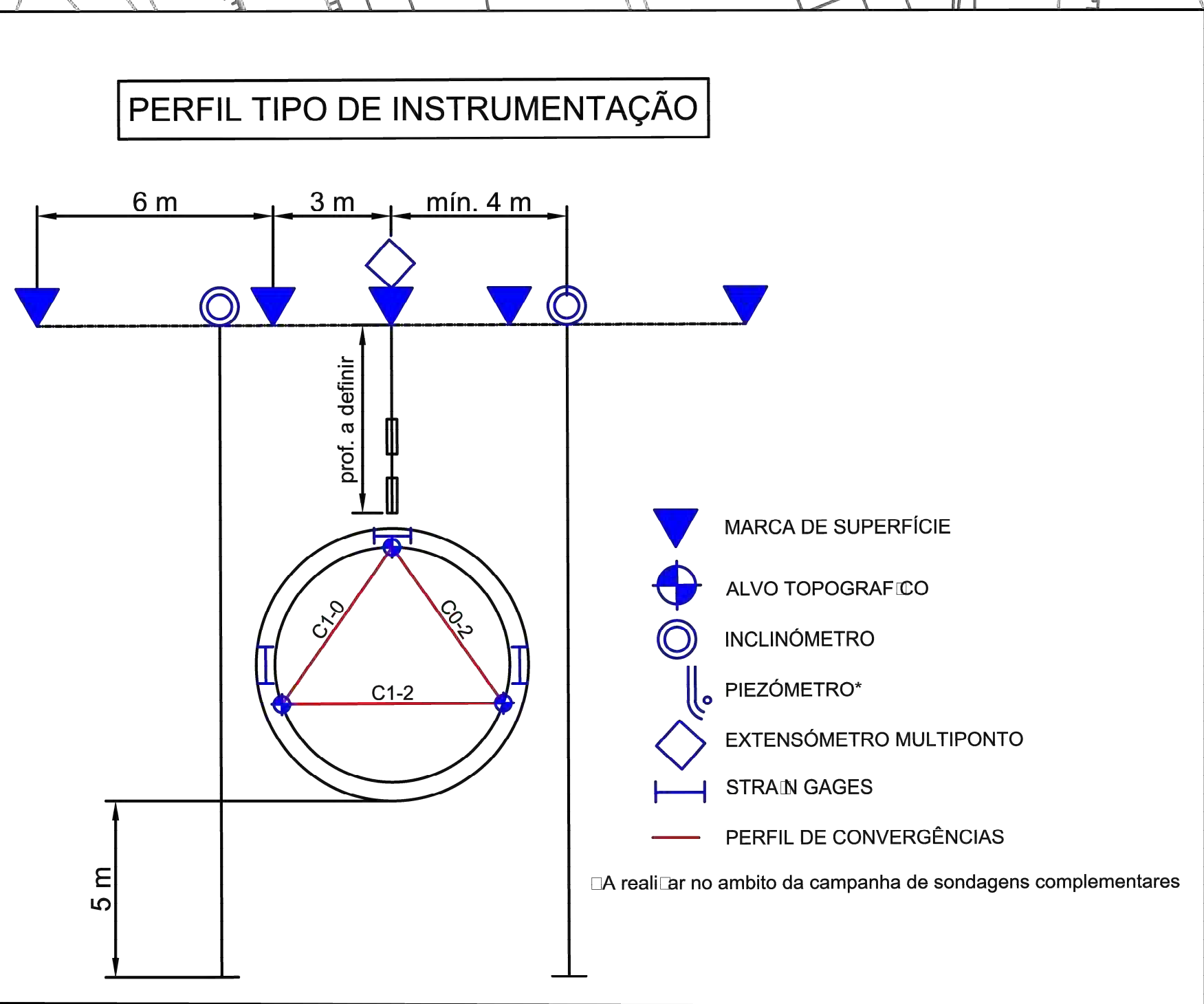
|                                            |                               |
|--------------------------------------------|-------------------------------|
| DESIGNAÇÃO:                                | Nº DO DESENHO:                |
| TÚNEL MONSANTO – SANTA APOLONIA            | P01-TMSA-TUN-PE-DES-STR-07.01 |
| PLANO DE MONITORIZAÇÃO E OBSERVAÇÃO – TMSA | DATA 1ª EMISSÃO:              |
|                                            | 2021/11                       |



RESERVAÇÃO DE DIREITOS À LÍNGUA E À FORMA  
TODAS AS MEDIDAS DE SEGURANÇA E DE PROTEÇÃO DE AMBIENTE DEBEM SER OBSERVADAS, ESPECIALMENTE ANTES DA REALIZAÇÃO DAS OBRAS



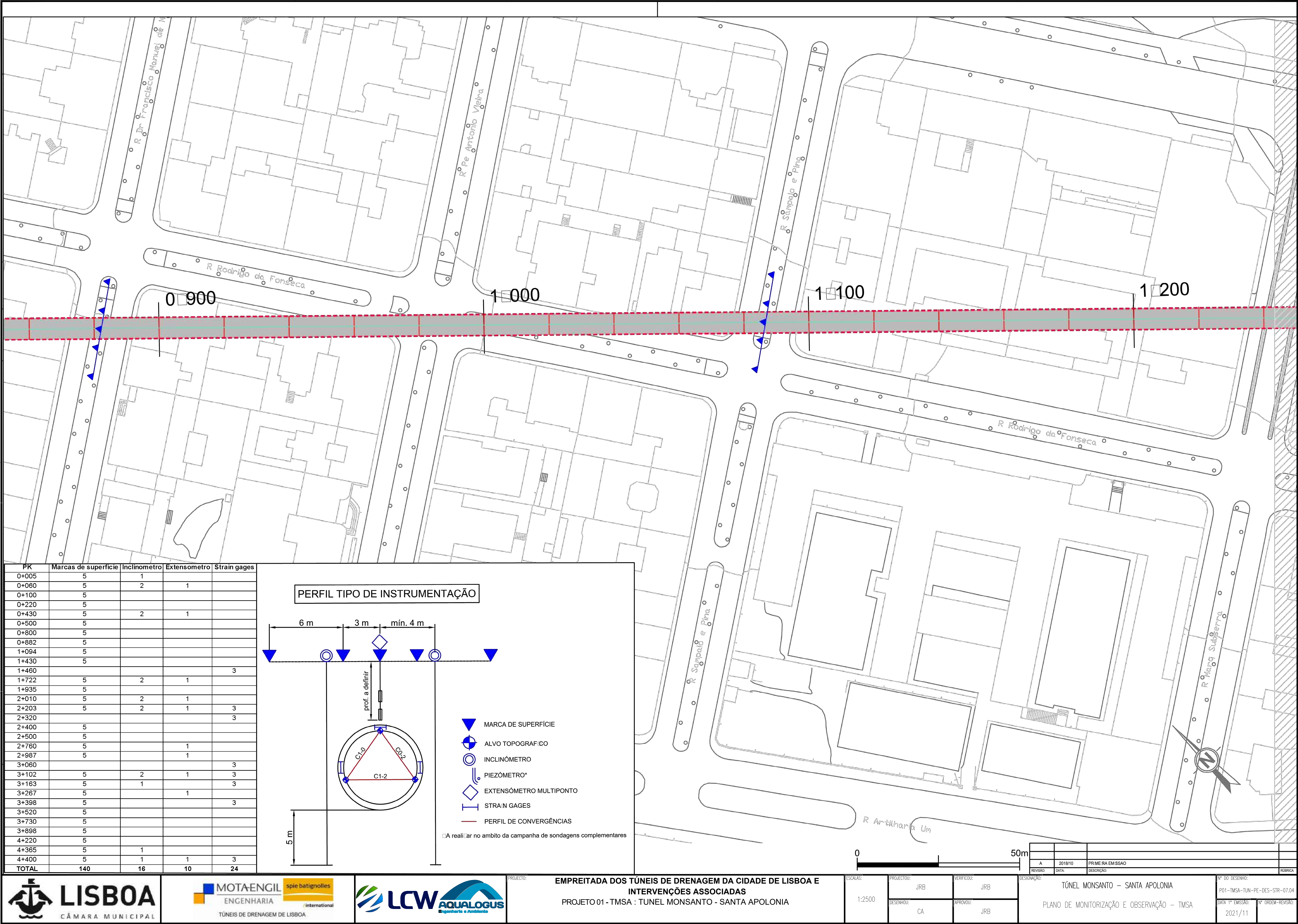
| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 | 5                    |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 | 5                    |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |





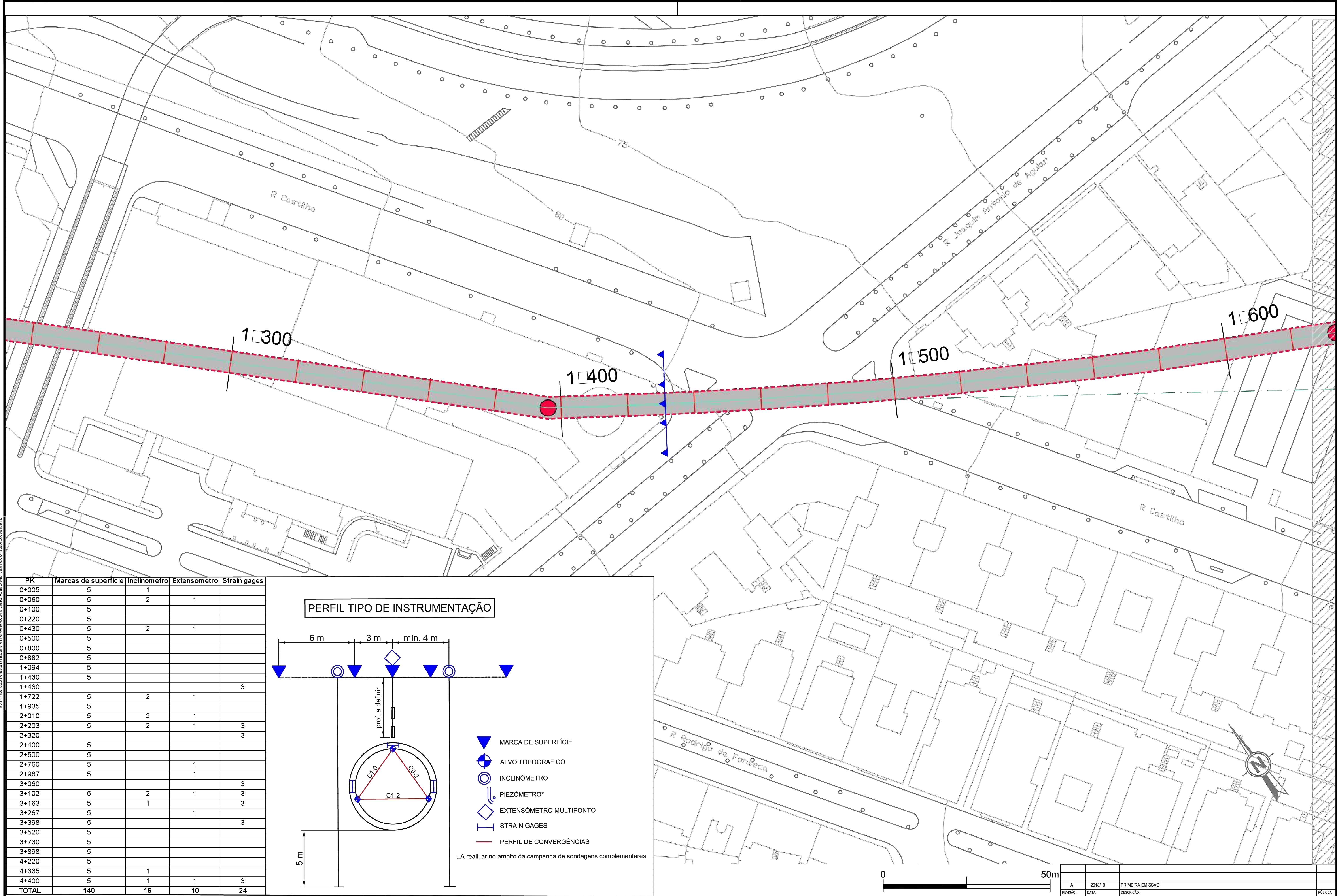








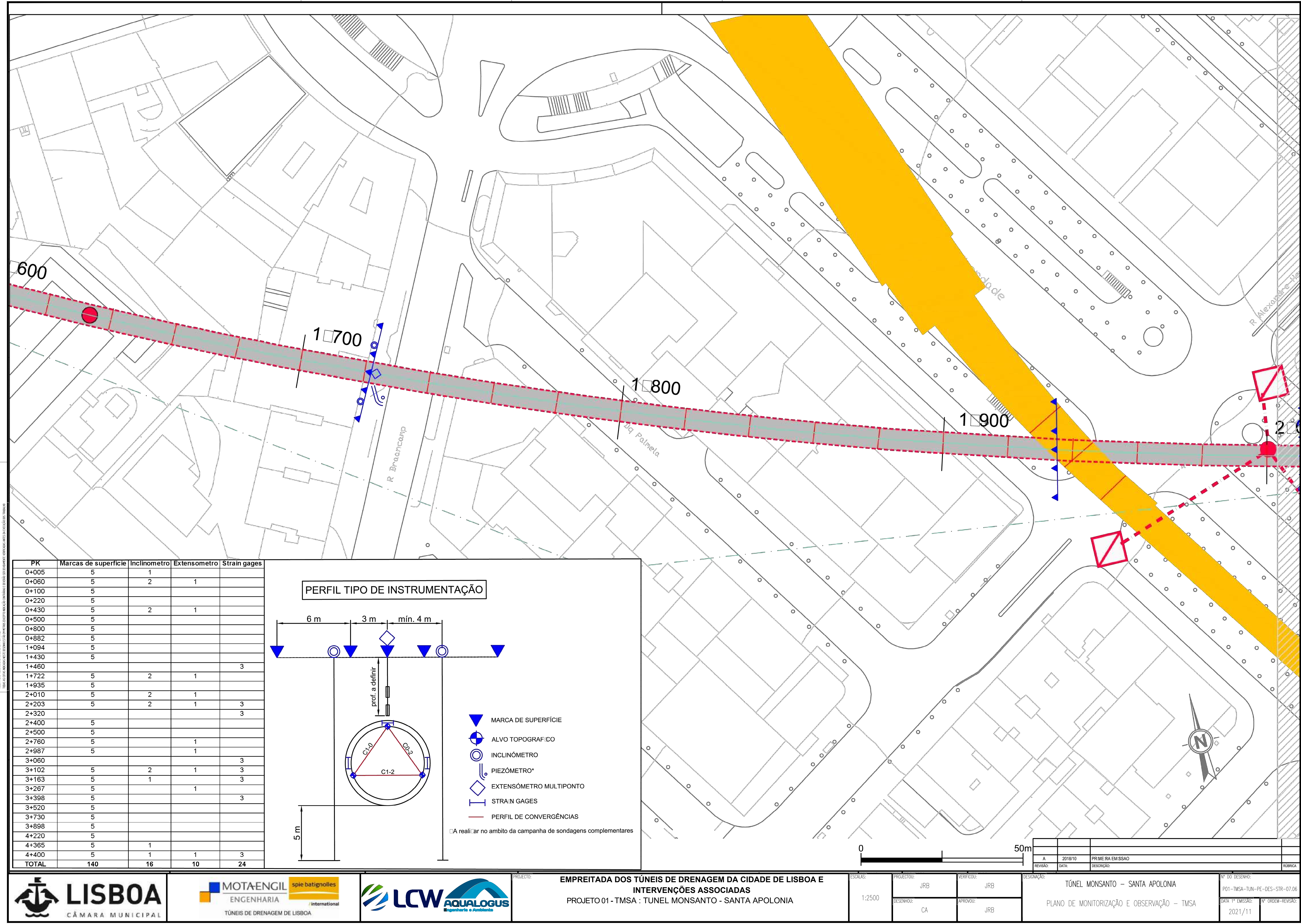
RESERVAÇÃO DE DIREITOS DE AUTORIA E DE IMAGEM  
TODAS AS IMAGENS E/OU LOGOTIPOS SÃO PROPRIEDADES RESERVADAS E DEVEM SER UTILIZADAS SEM ALTERAÇÕES E/OU ADAPTAÇÕES. A UTILIZAÇÃO DE IMAGENS E/OU LOGOTIPOS SEM A AUTORIZAÇÃO DA LISBOA É PROIBIDA.



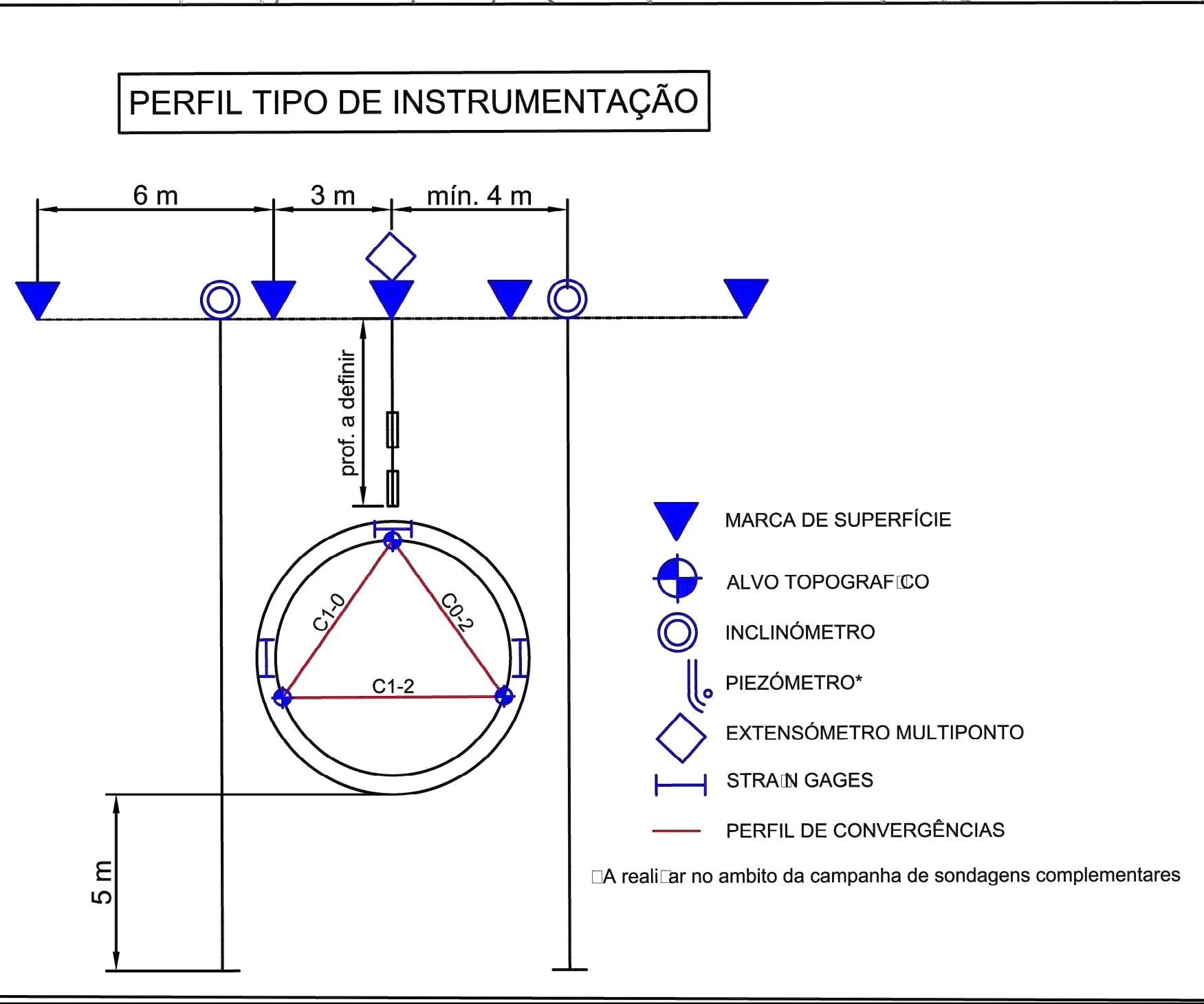
| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 | 5                    |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 | 5                    |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |



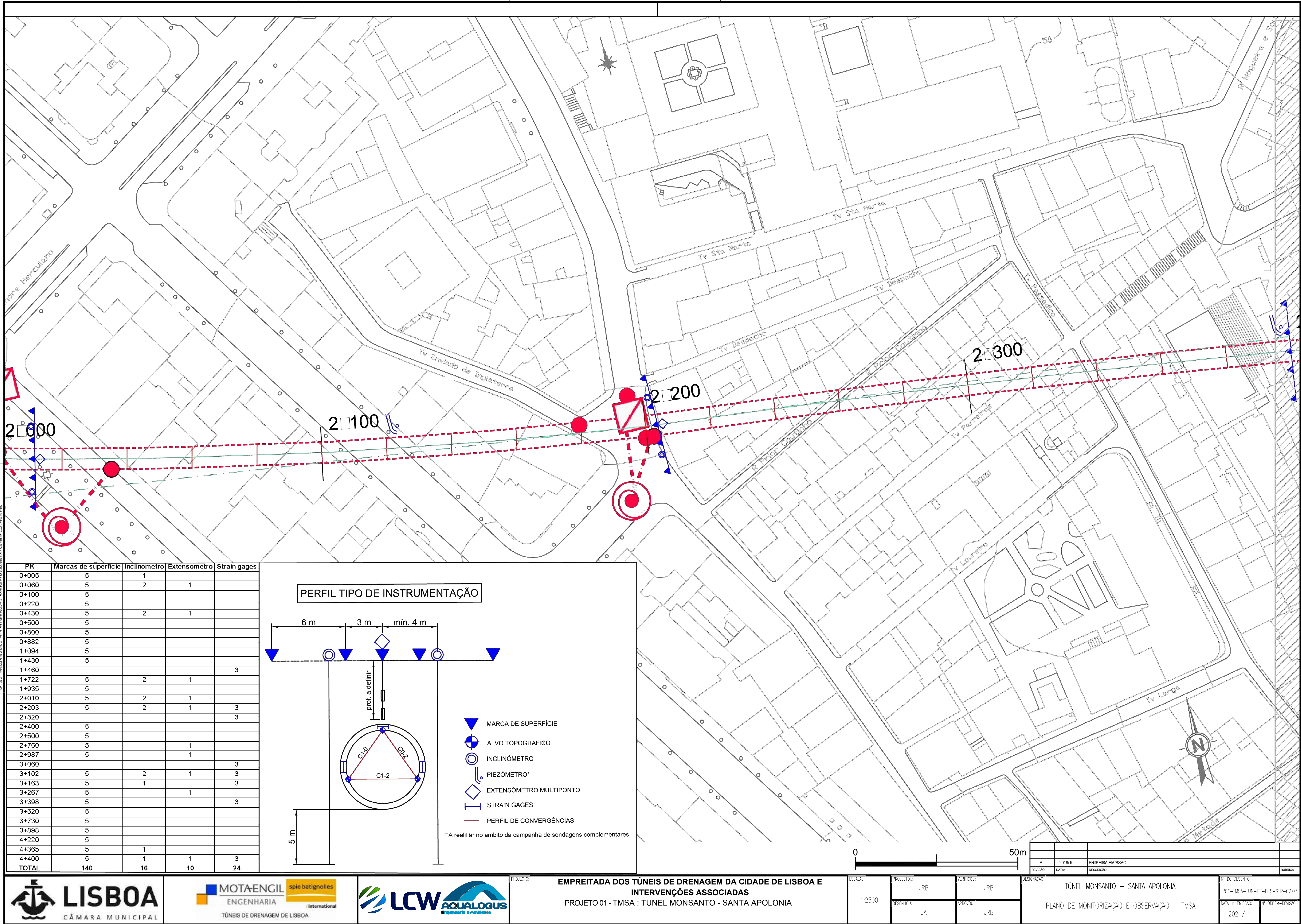
RESERVAÇÃO DE DIREITOS DE AUTORIA E DE IMAGEM  
TODAS AS IMAGENS E/OU LOGO-TIPOS SÃO PROPRIEDADE DA MOTA-ENGIL ENGENHARIA, S.A. E/OU DA LCW AQUALOGUS, S.A. E/OU DA LISBOA, CÂMARA MUNICIPAL. É PROIBIDA A REPRODUÇÃO E/OU A UTILIZAÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTES DOCUMENTOS SEM A AUTORIZAÇÃO DA MOTA-ENGIL ENGENHARIA, S.A. E/OU DA LCW AQUALOGUS, S.A. E/OU DA LISBOA, CÂMARA MUNICIPAL.



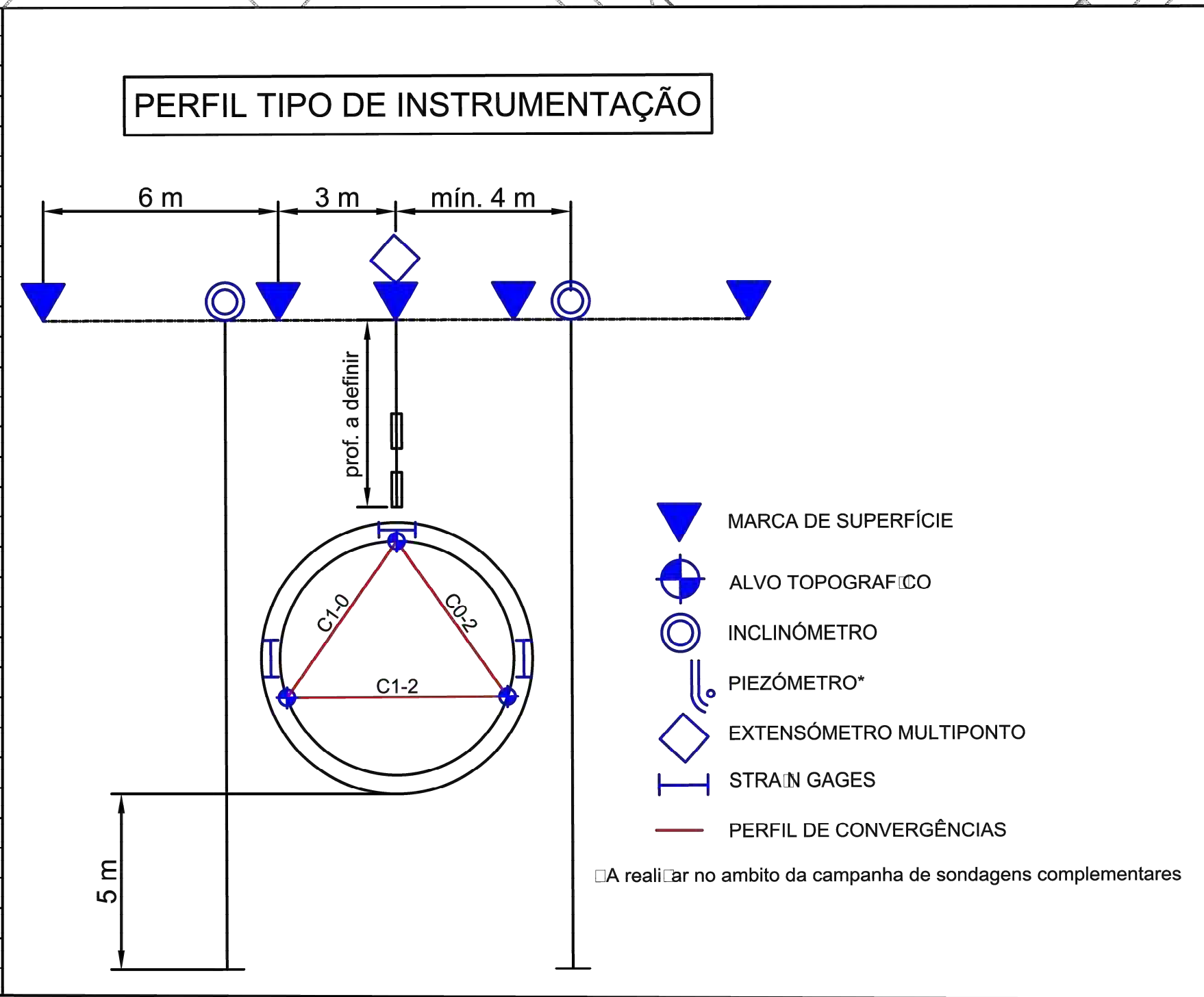
| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 |                      |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 |                      |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 |                      |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |





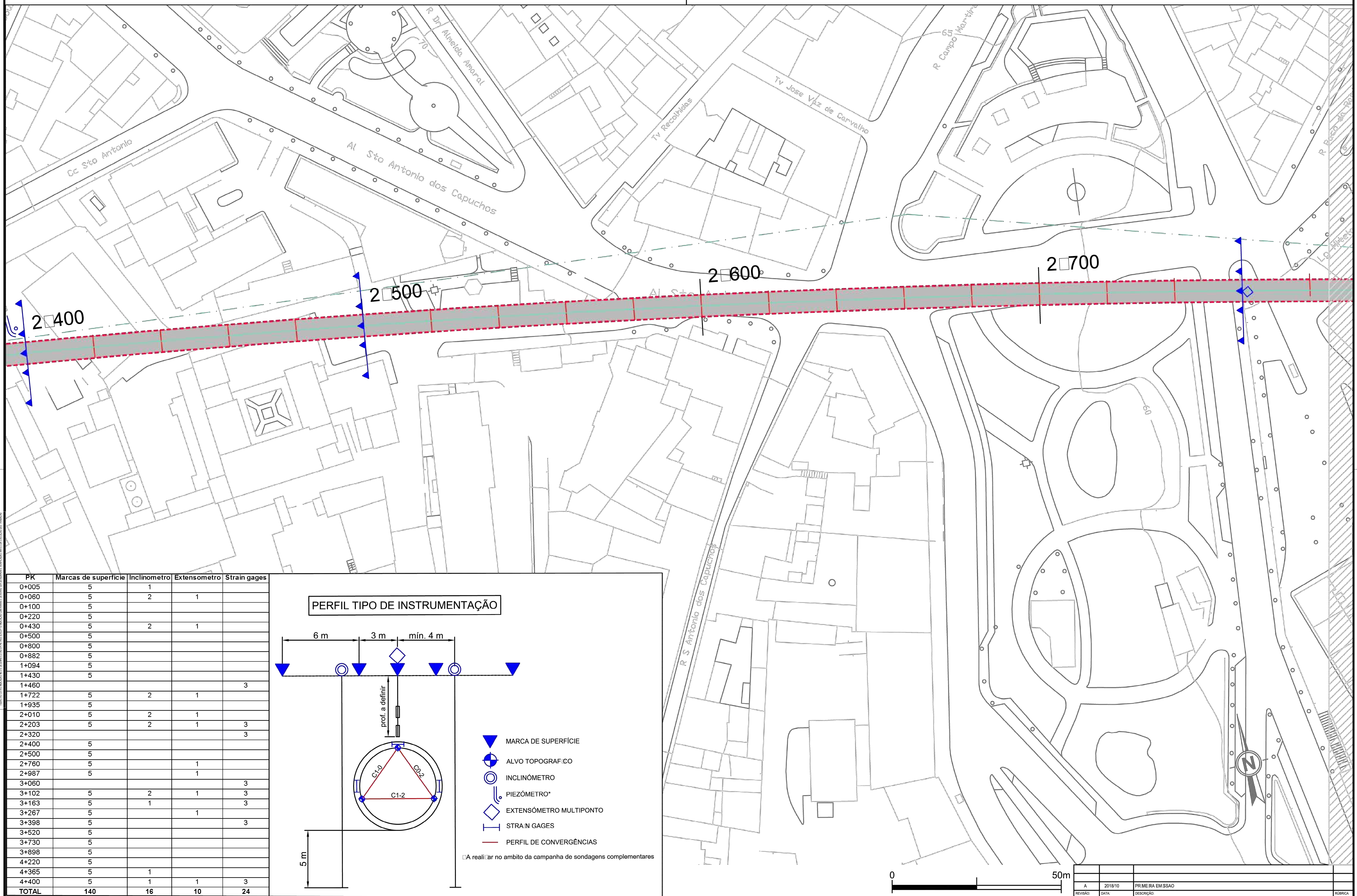


| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 | 5                    |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 |                      |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 |                      |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |

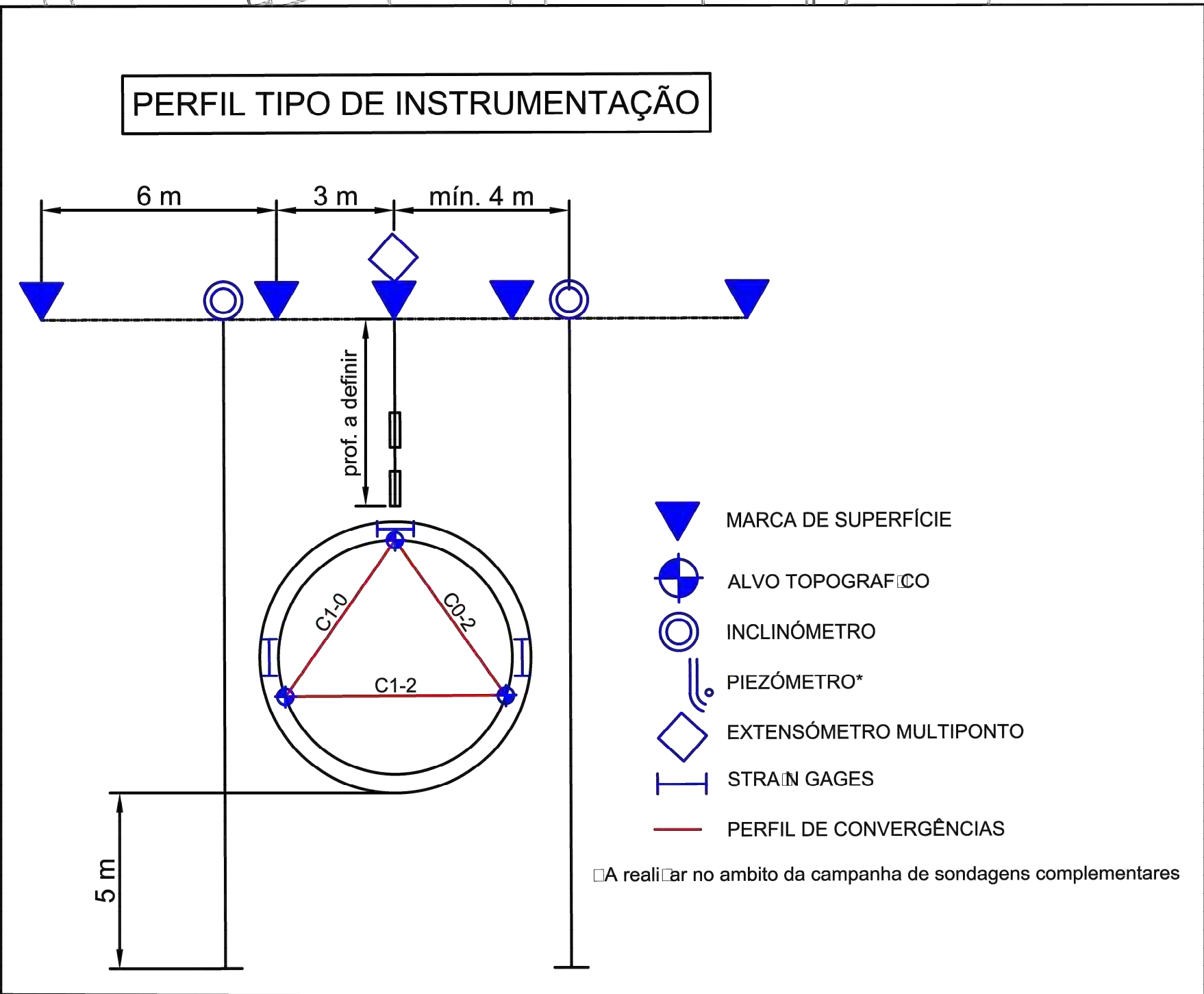




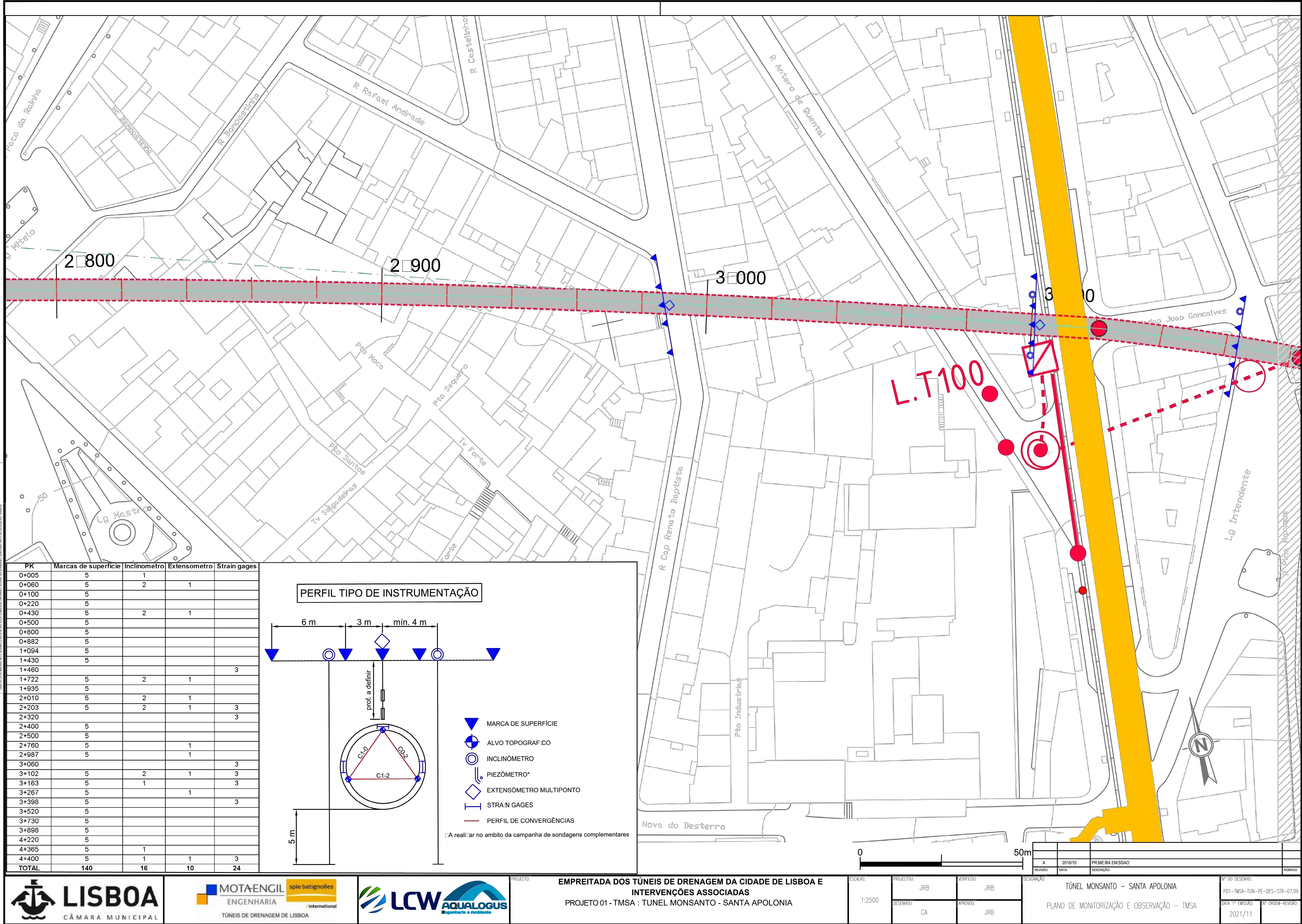
RESERVAÇÃO DE DIREITOS DE AUTORIA E DE IMAGEM  
TODAS AS IMAGENS E/OU FOTOGRAFIAS SÃO PROPRIEDADE DA LUSO S.A. E/OU DE OUTRAS ENTIDADES A QUE SE REFEREM. A LUSO S.A. E/OU AS OUTRAS ENTIDADES NÃO SE RESPONSABILIZAM POR ERROS OU OMISSÕES.



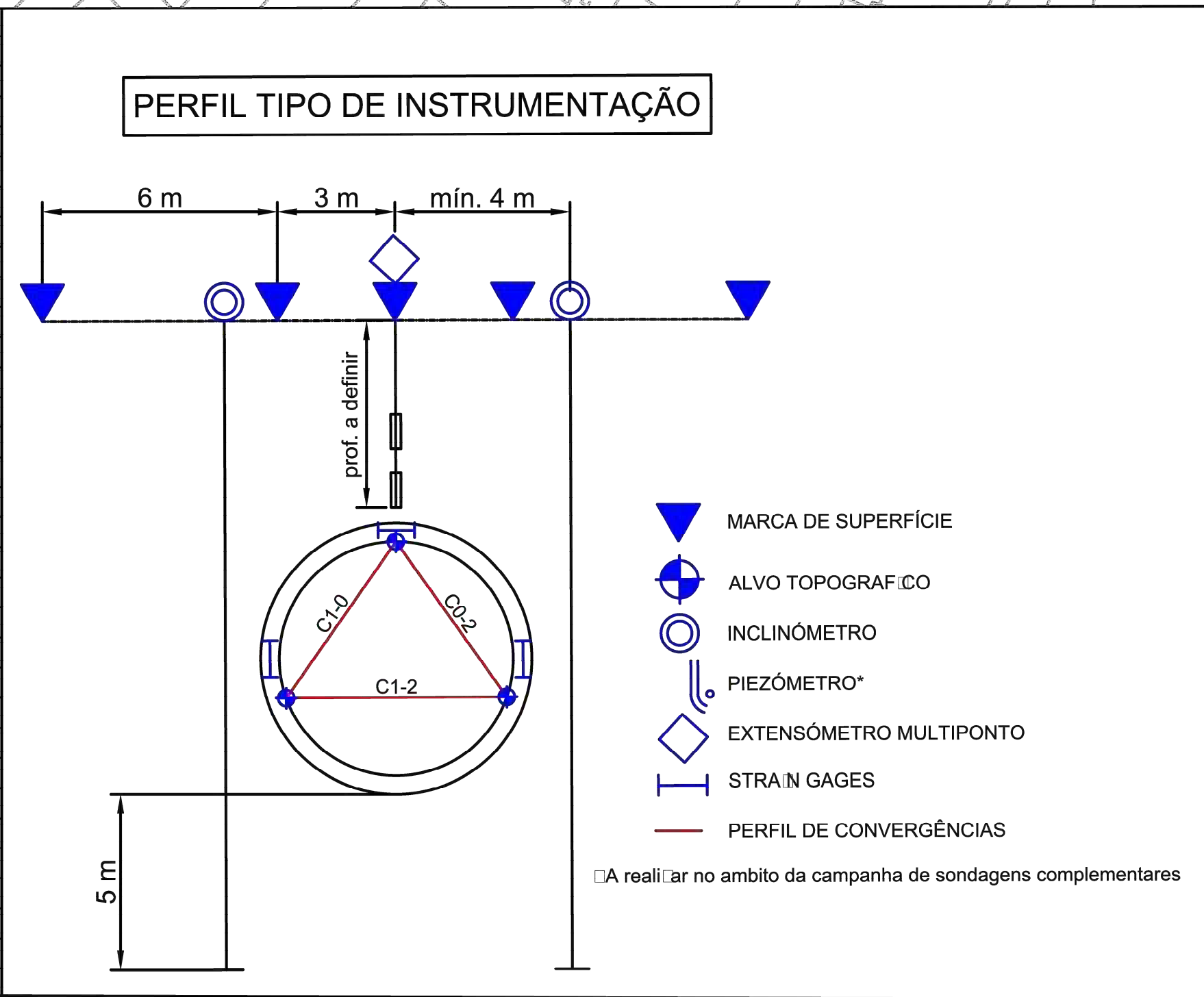
| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 | 5                    |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 | 5                    |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |



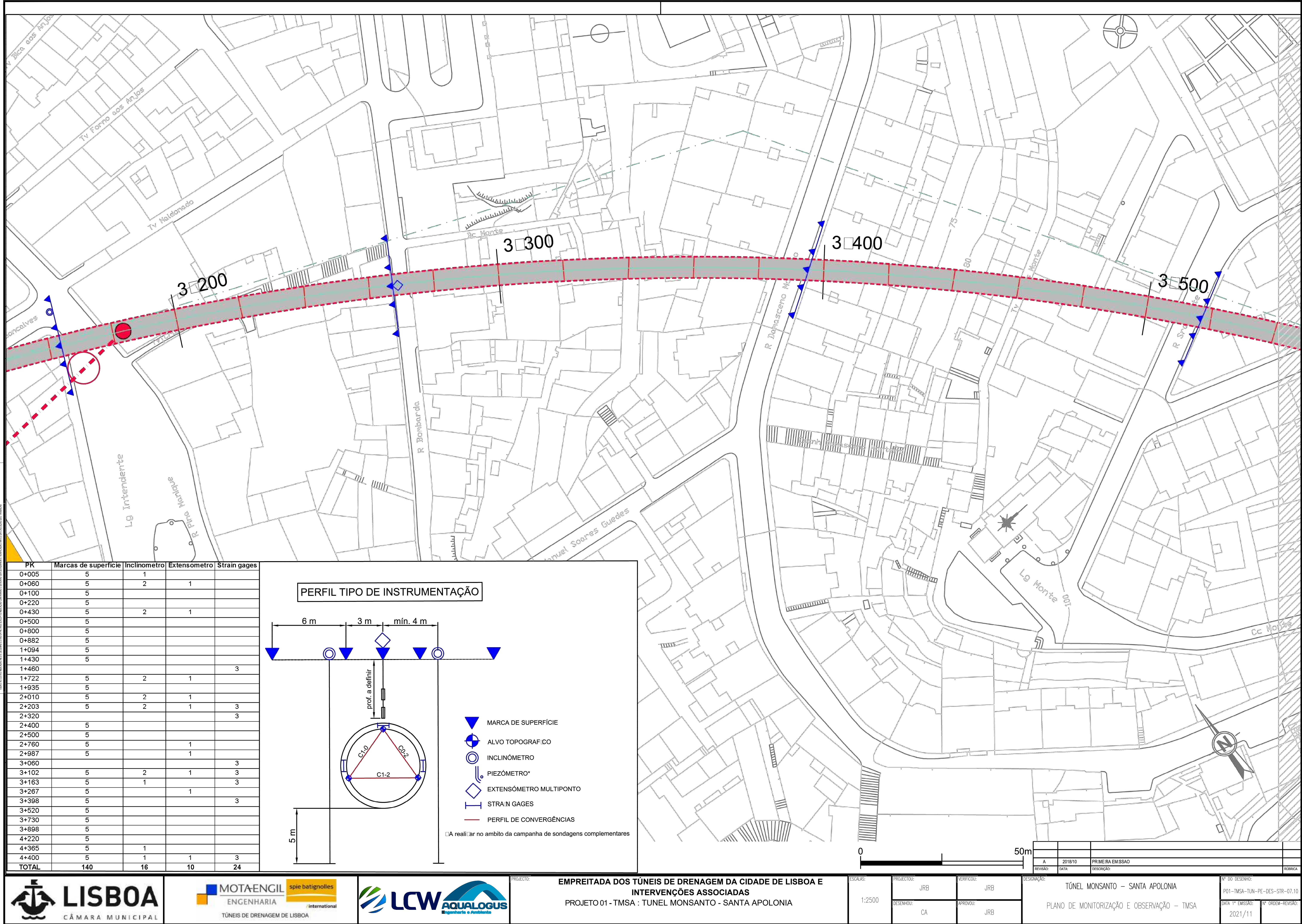




| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 | 5                    |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 | 5                    |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |

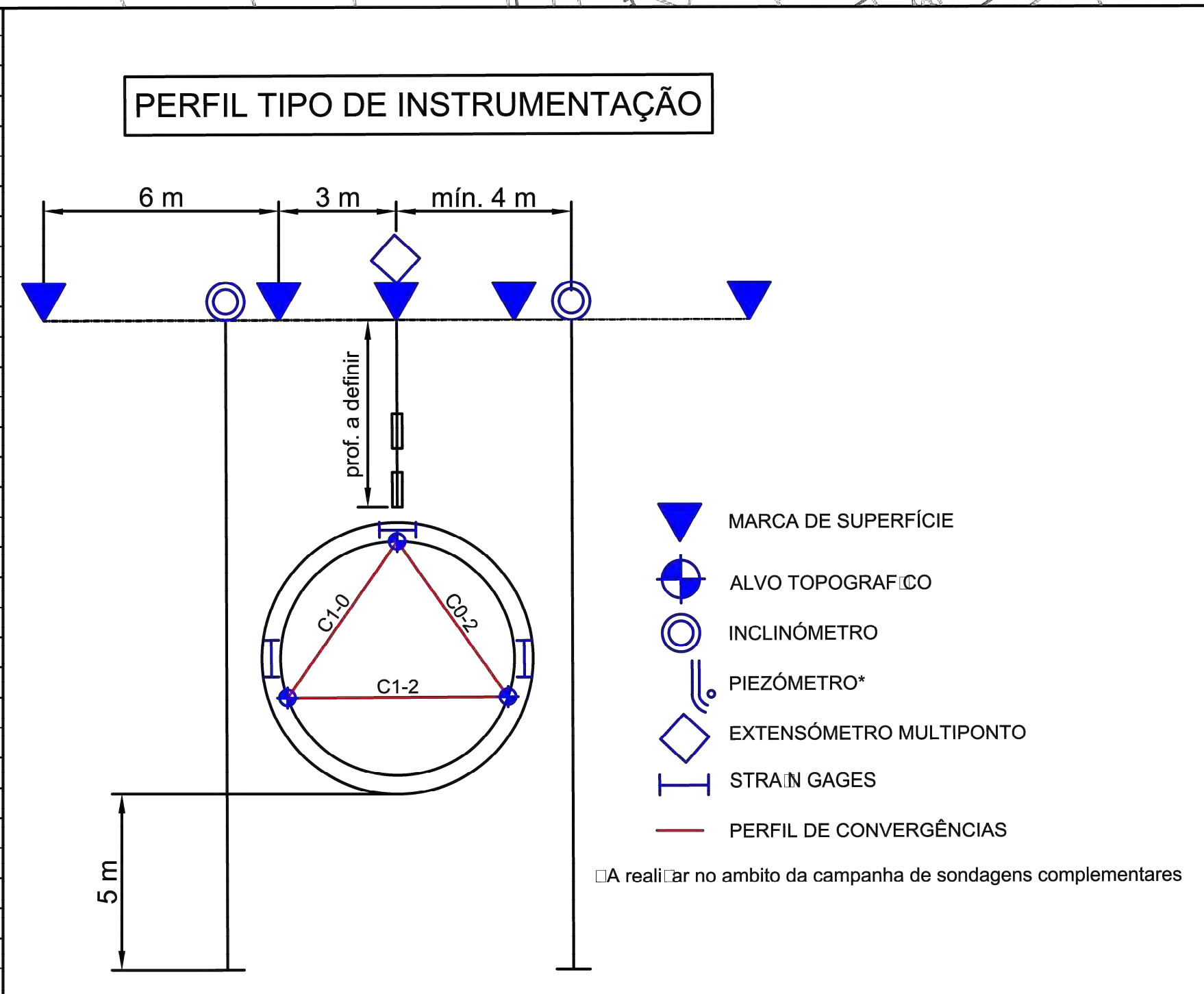




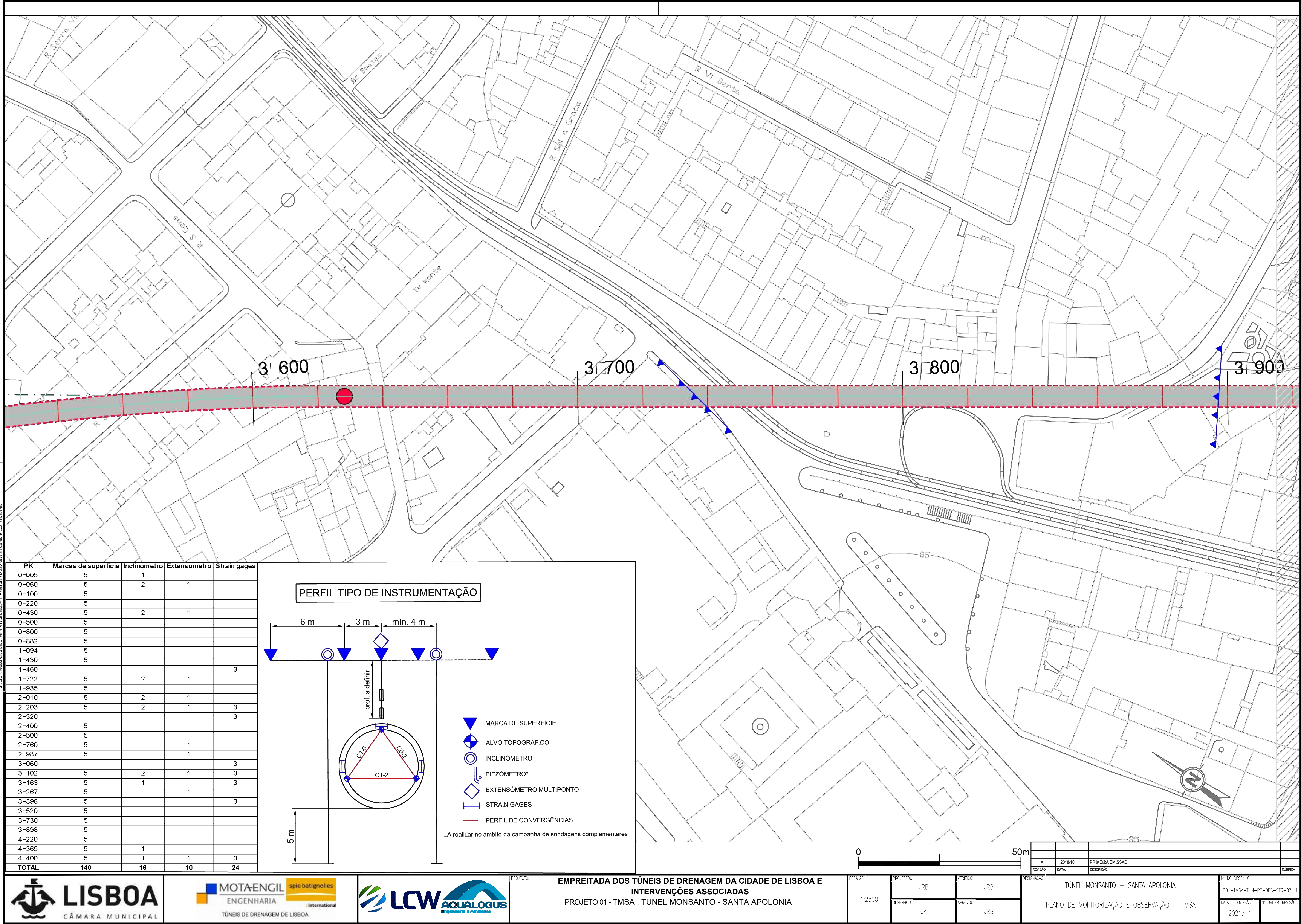


RESERVAÇÃO DE DIREITOS DE AUTORIA E DE IMAGEM  
TODOS OS DIREITOS DE AUTORIA E DE IMAGEM SÃO RESERVADOS PARA A EMPRESA LCB, Lda, e para a sua equipa de projectistas e técnicos. É proibida a reprodução total ou parcial deste documento sem a autorização da LCB, Lda.

| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 | 5                    |              |              |              |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 | 5                    |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |

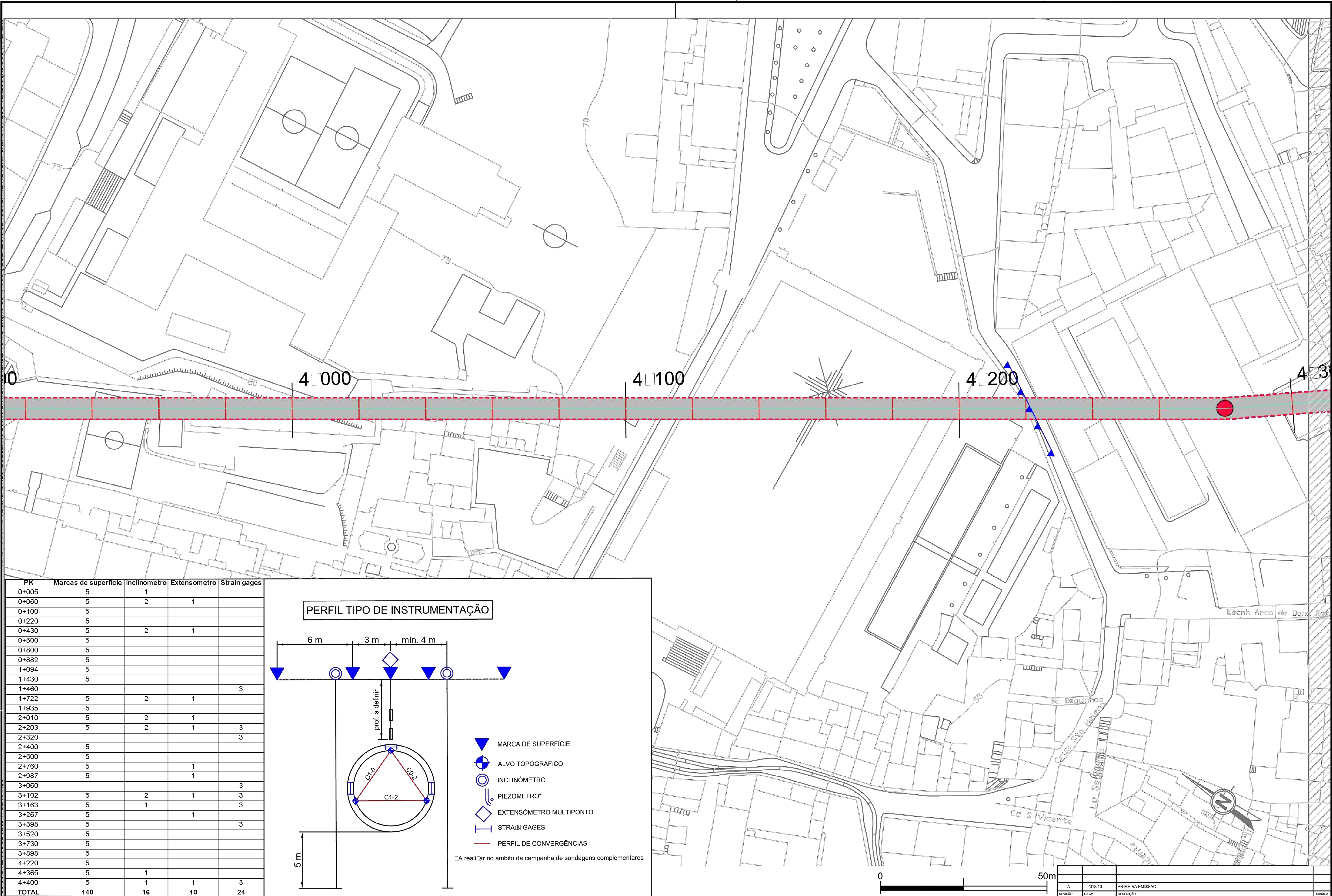




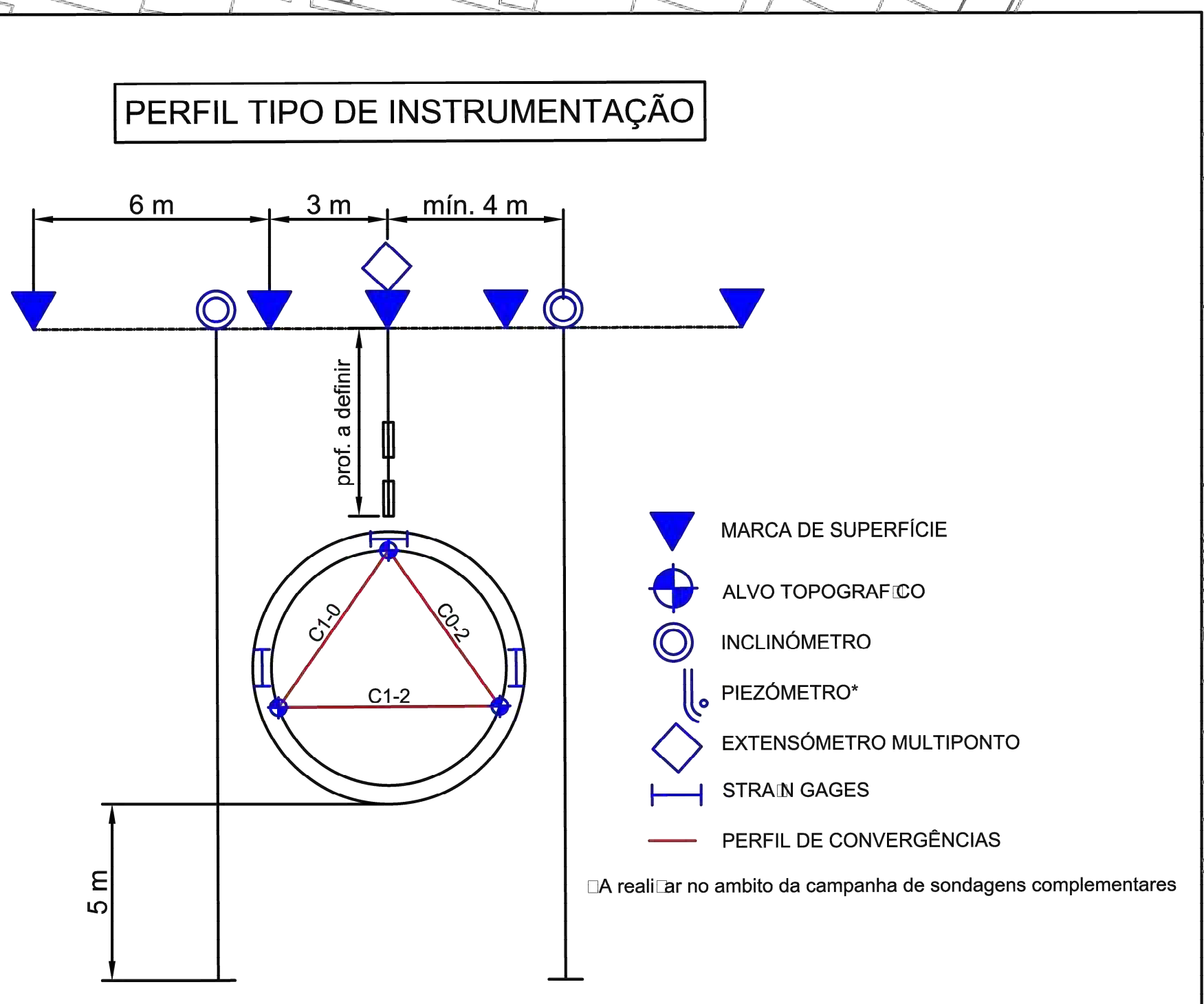




RESERVAÇÃO DE DIREITOS DE LÍNGUA E DE IMAGEM  
TODAS AS INFORMAÇÕES DESEMPENHADAS POR ESTE PROJETO SÃO DE RESPONSABILIDADE DA EMPRESA E NÃO SE CONSIDERAM GARANTIAS, ANTES DA REALIZAÇÃO DAS OBRAS

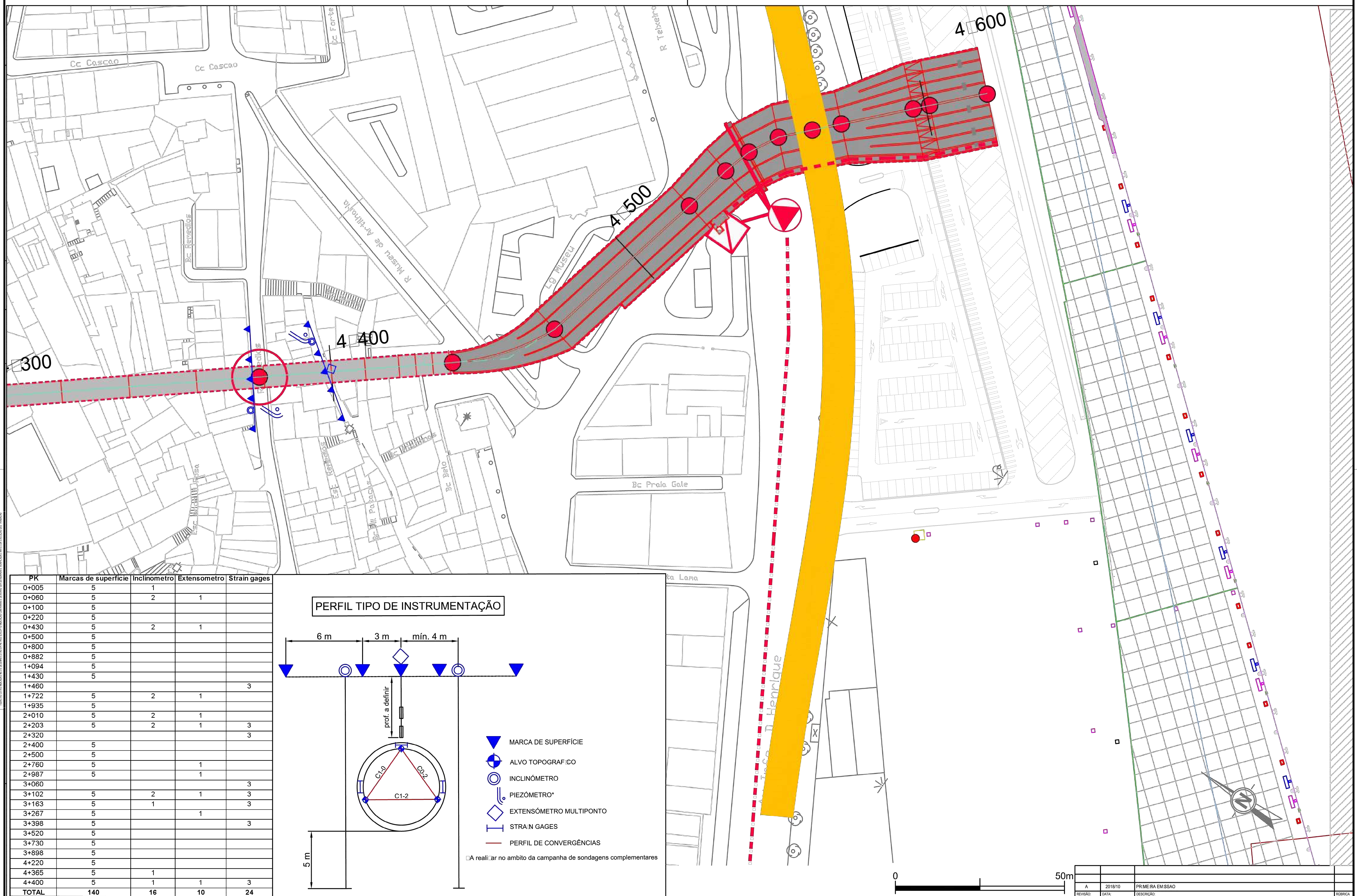


| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 |                      |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 |                      |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 |                      |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |

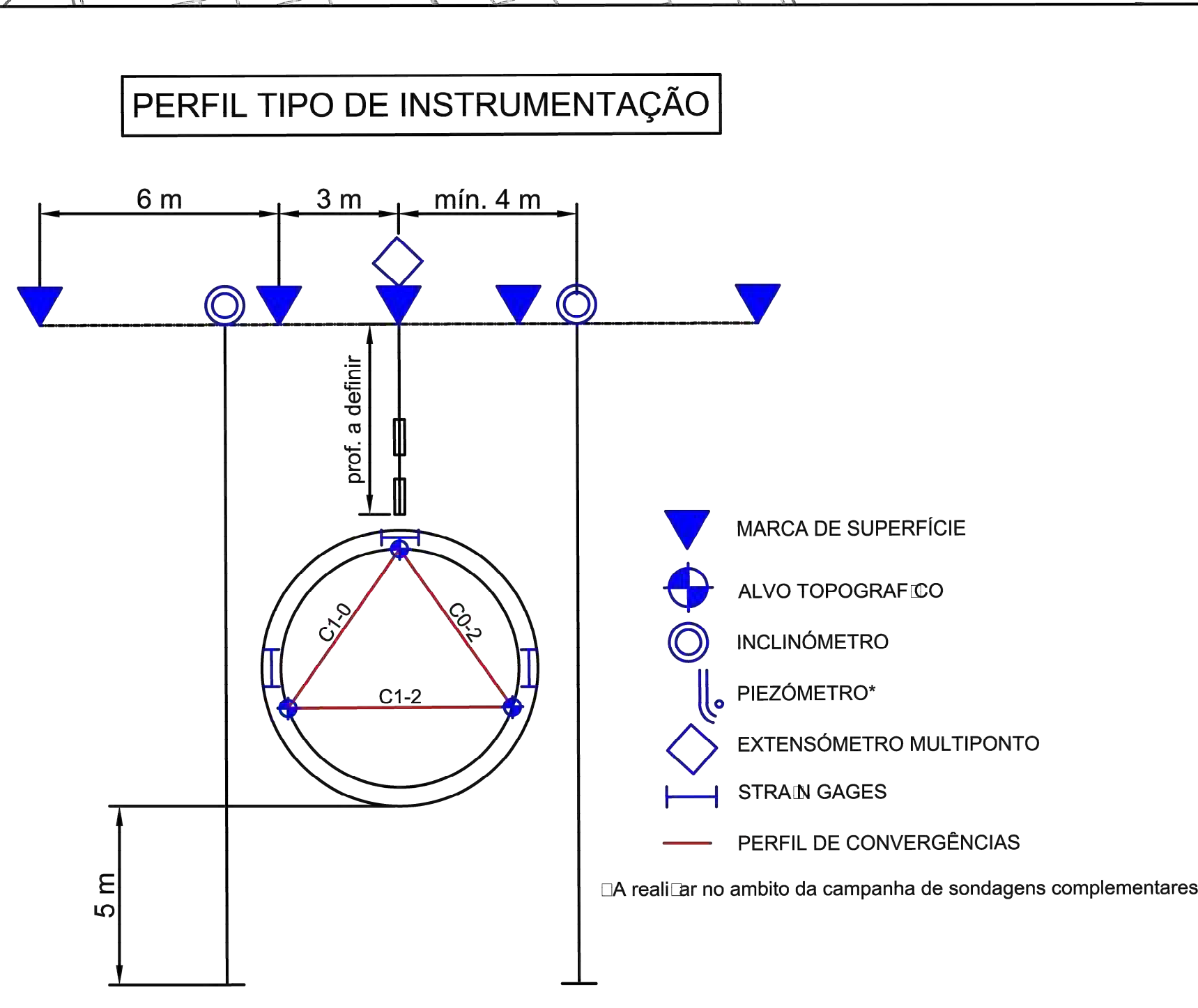




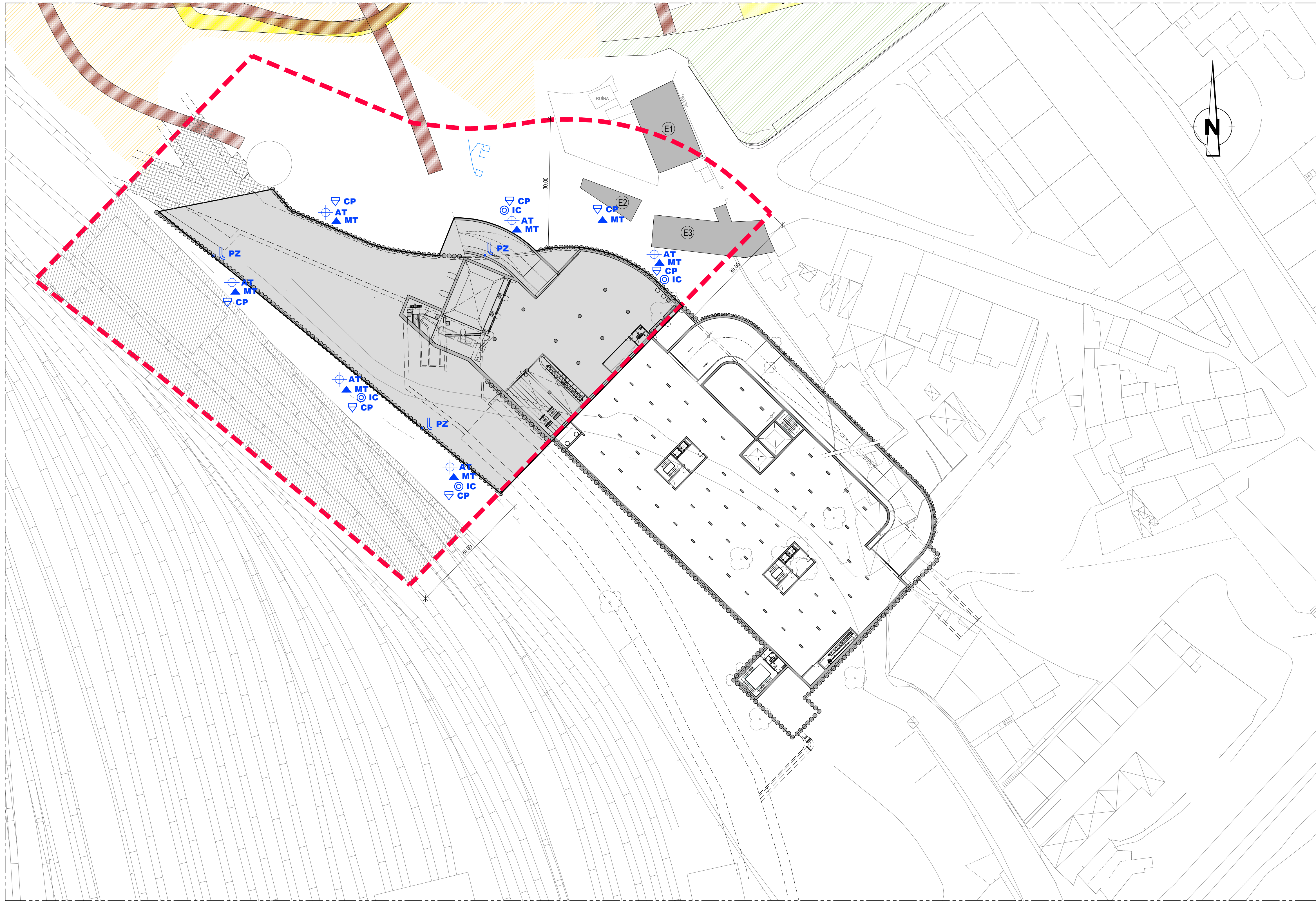
RESERVAÇÃO DE DIREITOS DE LÍNGUA E DE IMAGEM  
TODAS AS IMAGENS E/OU LOGO-TÍPULAS SÃO PROPRIEDADES RESERVADAS E NÃO DEVEM SER REPRODUZIDAS SEM A AUTORIZAÇÃO DA LISBOA



| PK    | Marcas de superfície | Inclinómetro | Extensómetro | Strain gages |
|-------|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| 0+005 | 5                    | 1            |              |              |
| 0+060 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+100 | 5                    |              |              |              |
| 0+220 | 5                    |              |              |              |
| 0+430 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 0+500 | 5                    |              |              |              |
| 0+800 | 5                    |              |              |              |
| 0+882 | 5                    |              |              |              |
| 1+094 | 5                    |              |              |              |
| 1+430 | 5                    |              |              |              |
| 1+460 |                      |              |              | 3            |
| 1+722 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 1+935 | 5                    |              |              |              |
| 2+010 | 5                    | 2            | 1            |              |
| 2+203 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 2+320 |                      |              |              | 3            |
| 2+400 | 5                    |              |              |              |
| 2+500 | 5                    |              |              |              |
| 2+760 | 5                    |              | 1            |              |
| 2+987 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+060 |                      |              |              | 3            |
| 3+102 | 5                    | 2            | 1            | 3            |
| 3+163 | 5                    | 1            |              | 3            |
| 3+267 | 5                    |              | 1            |              |
| 3+398 | 5                    |              |              | 3            |
| 3+520 | 5                    |              |              |              |
| 3+730 | 5                    |              |              |              |
| 3+898 | 5                    |              |              |              |
| 4+220 | 5                    |              |              |              |
| 4+365 | 5                    | 1            |              |              |
| 4+400 | 5                    | 1            | 1            | 3            |
| TOTAL | 140                  | 16           | 10           | 24           |





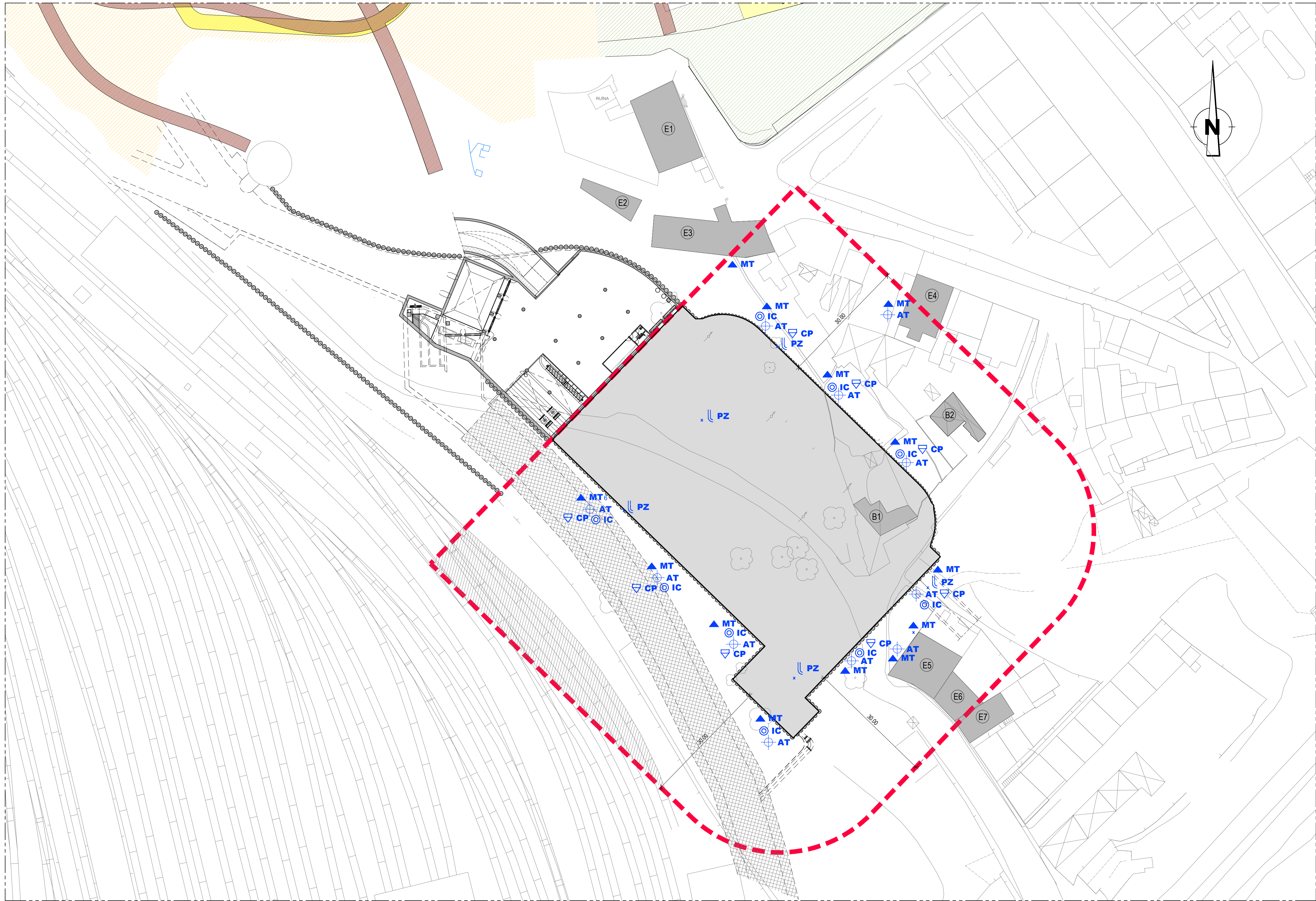


| SIMBOLOGIA               |           |
|--------------------------|-----------|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |           |
| BENCH MARK               | <b>BM</b> |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | <b>MT</b> |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | <b>AR</b> |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | <b>AT</b> |
| INCLINÓMETROS            | <b>IC</b> |
| PIEZÓMETROS              | <b>PZ</b> |
| CONVERGÊNCIAS            | <b>CV</b> |
| RÉGUAS                   | <b>R</b>  |
| CLINÓMETROS              | <b>CL</b> |
| FISSURÓMETROS            | <b>FS</b> |
| CÉLULAS DE CARGA         | <b>CP</b> |
| SISMÓGRAFOS              | <b>SM</b> |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO | <b>SI</b> |

| DISPOSITIVOS | QUANTIDADES |
|--------------|-------------|
| <b>MT</b>    | 6           |
| <b>AT</b>    | 14          |
| <b>IC</b>    | 4           |
| <b>CP</b>    | 18          |
| <b>PZ</b>    | 3           |

- LEGENDA:
- ZONA DE INFLUÊNCIA DA ESCAVAÇÃO
  - INTERFERÊNCIA
  - NÚMERO
  - Convergências no caneiro de 15m em 15m, em 30m para montante
  - Controlo altimétrico dos carris em secções de 5m em 5m, em 20m





| SIMBOLOGIA               |    |
|--------------------------|----|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |    |
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | PZ |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO | si |

| DISPOSITIVOS | QUANTIDADES |
|--------------|-------------|
| MT           | 9           |
| AT           | 36          |
| IC           | 9           |
| CP           | 32          |
| PZ           | 4           |

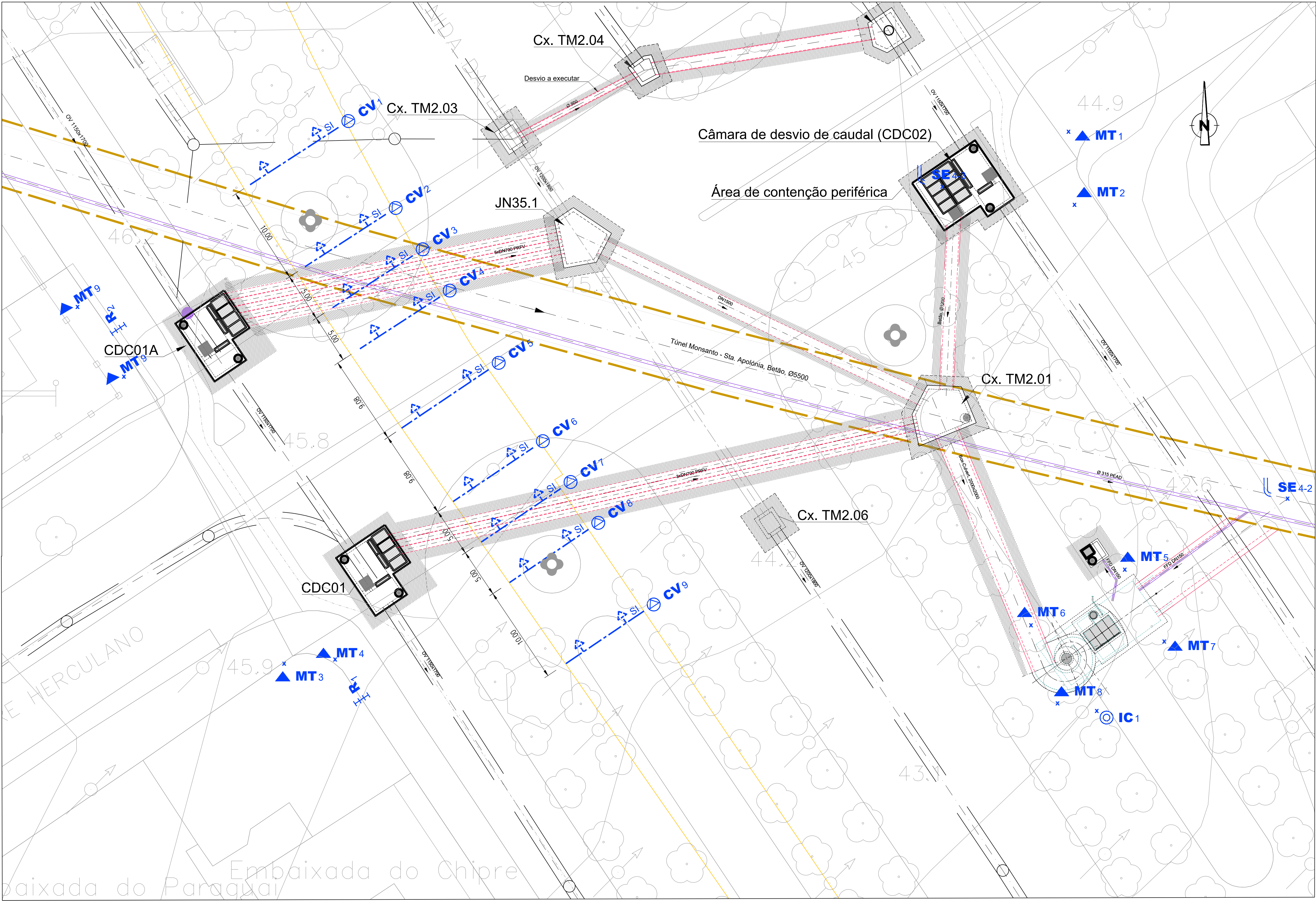
- LEGENDA:
- ZONA DE INFLUÊNCIA DA ESCAVAÇÃO
  - INTERFERÊNCIA
  - NÚMERO
  - Convergencias no caneiro de 15m em 15m, em 120m para montante
  - Controlo altimétrico dos carris em secções de 5 m em 5 m, em 200m



PLANTA  
A1=1:200/A3=1:400

| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |             |              |
|-------------------------|-------------|--------------|
| MP                      | Position X  | Position Y   |
| CV01                    | -88318.5893 | -104403.7251 |
| CV02                    | -88313.4044 | -104412.2812 |
| CV03                    | -88310.6439 | -104416.4504 |
| CV04                    | -88307.8834 | -104420.6196 |
| CV05                    | -88303.2544 | -104428.2616 |
| CV06                    | -88298.4357 | -104435.9906 |
| CV07                    | -88295.6039 | -104440.1118 |
| CV08                    | -88292.7721 | -104444.2329 |
| CV09                    | -88287.1086 | -104452.4751 |
| IC01                    | -88237.2602 | -104459.9428 |
| MT01                    | -88240.1315 | -104401.2625 |
| MT02                    | -88239.5171 | -104408.6632 |
| MT03                    | -88319.6225 | -104455.1610 |
| MT04                    | -88314.4497 | -104454.7334 |
| MT05                    | -88234.4242 | -104445.6250 |
| MT06                    | -88243.9287 | -104451.2706 |
| MT07                    | -88230.4240 | -104452.8989 |
| MT08                    | -88241.2377 | -104459.1833 |
| MT09                    | -88340.5490 | -104419.0155 |
| MT10                    | -88335.8518 | -104426.0713 |
| R01                     | -88311.7564 | -104458.7553 |
| R02                     | -88336.4250 | -104421.2400 |
| SE4-2                   | -88217.9228 | -104438.4276 |
| SE4-3                   | -88252.9125 | -104406.8305 |

| SIMBOLOGIA               |    |
|--------------------------|----|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |    |
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | SE |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO | SI |





PLANTA  
A1=1:150/A3=1:300

| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |            |             |
|-------------------------|------------|-------------|
| Pontos                  | M          | P           |
| AT01                    | -88056.177 | -104452.939 |
| AT02                    | -88054.870 | -104468.971 |
| IC01                    | -88070.099 | -104493.038 |
| MT01                    | -88056.944 | -104456.556 |
| MT02                    | -88028.320 | -104454.730 |
| MT02                    | -88056.845 | -104466.692 |
| MT03                    | -88069.853 | -104475.783 |
| MT04                    | -88062.346 | -104480.333 |
| MT05                    | -88075.685 | -104486.587 |
| MT06                    | -88067.509 | -104489.337 |
| SE5-1                   | -88081.123 | -104462.772 |

## SIMBOLOGIA

## PLANO DE OBSERVAÇÃO

BENCH MARK

## MARCAS TOPOGRÁFICAS

ALVOS RETROREFLECTOR

ALVOS TOPOGRÁFICOS

## INCLINÓMETROS

## PIEZÓMETROS

## CONVERGÊNCIAS

RÉGUAS

CLINÓMETROS

## FISSURÓMETROS

CÉLULAS DE CARGA

## SISMÓGRAFOS

## SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO

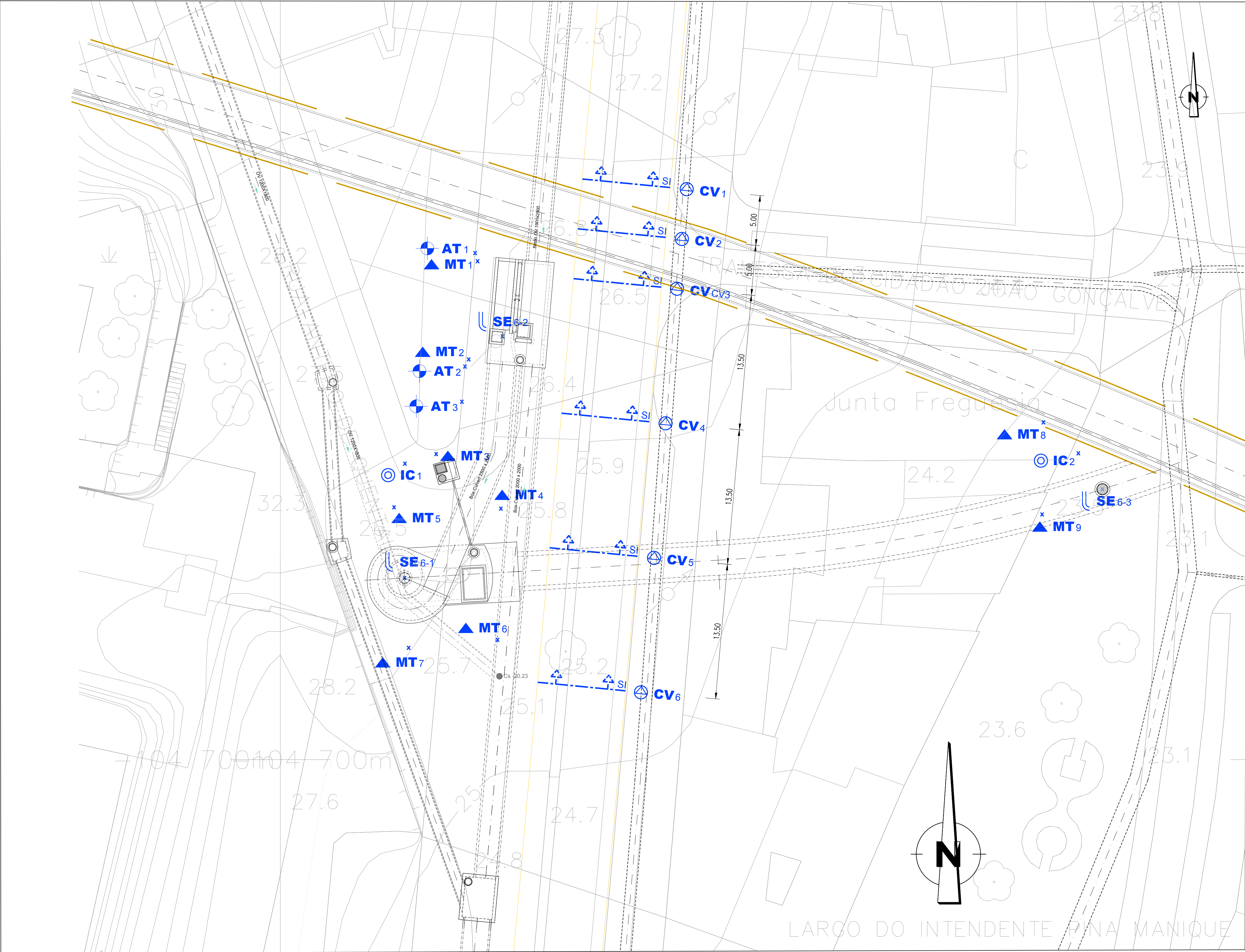




PLANTA  
A1=1:150/A3=1:300

| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |            |             |
|-------------------------|------------|-------------|
| Pontos                  | M          | P           |
| AT01                    | -87183.119 | -104648.621 |
| AT02                    | -87184.132 | -104659.967 |
| AT03                    | -87184.441 | -104663.482 |
| CV01                    | -87168.011 | -104641.633 |
| CV02                    | -87168.453 | -104646.614 |
| CV03                    | -87168.894 | -104651.595 |
| CV04                    | -87170.086 | -104665.047 |
| CV05                    | -87171.279 | -104678.500 |
| CV06                    | -87172.471 | -104691.952 |
| IC01                    | -87190.137 | -104669.671 |
| IC02                    | -87122.807 | -104668.636 |
| MT01                    | -87182.868 | -104649.434 |
| MT02                    | -87183.763 | -104659.246 |
| MT03                    | -87187.015 | -104668.718 |
| MT04                    | -87180.541 | -104674.171 |
| MT05                    | -87191.226 | -104674.038 |
| MT06                    | -87180.874 | -104687.296 |
| MT07                    | -87189.771 | -104688.085 |
| MT08                    | -87126.296 | -104665.552 |
| MT09                    | -87126.431 | -104674.739 |
| SE6-1                   | -87190.175 | -104681.100 |
| SE6-2                   | -87180.379 | -104656.956 |
| SE6-3                   | -87120.406 | -104672.227 |

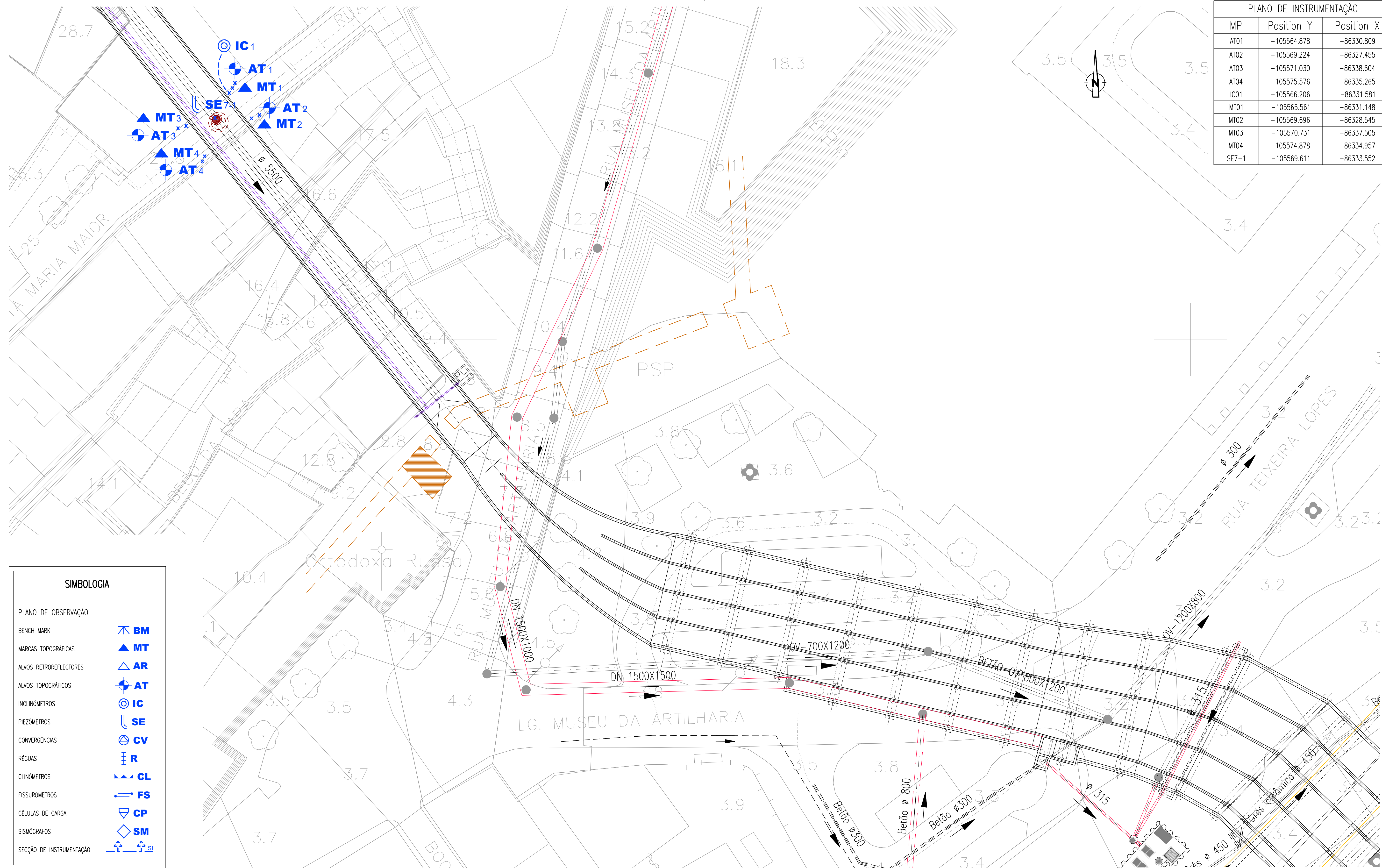
| SIMBOLOGIA               |    |
|--------------------------|----|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |    |
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | SE |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO | SI |





$$A1=1:250/A3=1:500$$

| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |             |            |
|-------------------------|-------------|------------|
| MP                      | Position Y  | Position X |
| AT01                    | -105564.878 | -86330.809 |
| AT02                    | -105568.224 | -86327.455 |
| AT03                    | -105571.030 | -86338.604 |
| AT04                    | -105575.576 | -86335.265 |
| IC01                    | -105568.206 | -86331.581 |
| MT01                    | -105565.561 | -86331.148 |
| MT02                    | -105568.696 | -86328.545 |
| MT03                    | -105570.731 | -86337.505 |
| MT04                    | -105574.878 | -86334.957 |
| SE7-1                   | -105569.611 | -86333.552 |



## SIMBOLOGIA

## PLANO DE OBSERVAÇÃO

BENCH MARK

## MARCAS TOPOGRÁFICAS

ALVOS RETROREFLECTORES

ALVOS TOPOGRÁFI

## INCLINÓMETROS

## PIEZÓMETROS

## CONVERGÊNCIAS

## RÉGUAS

CLINÓMETROS

FISSURÓMETROS

CÉLULAS DE CARGA

## SISMÓGRAFOS

SEÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO



**▲ MT**

**△ AR**



SE

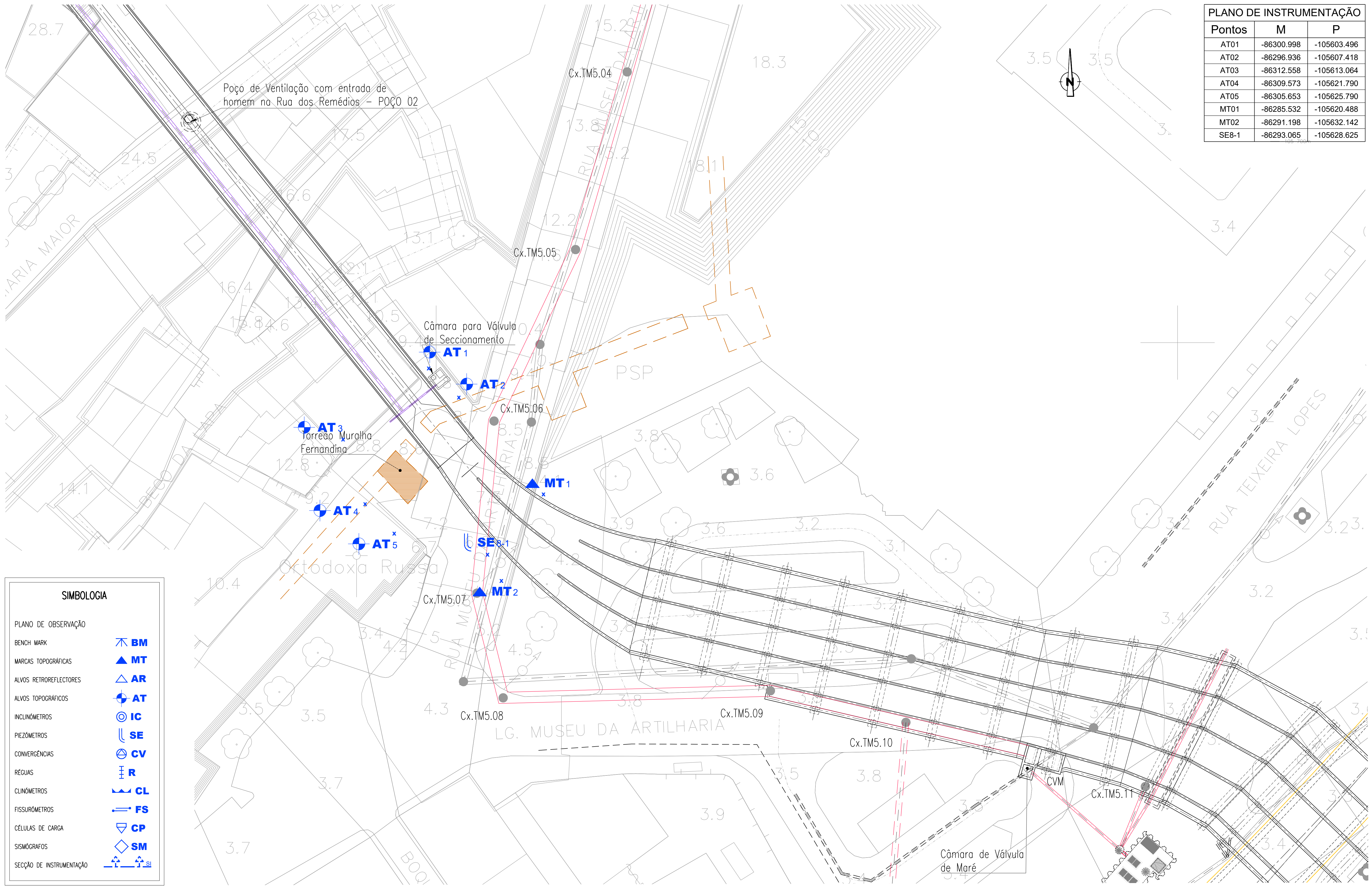


— — — — —



PLANTA  
A1=1:250/A3=1:500

| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |            |             |
|-------------------------|------------|-------------|
| Pontos                  | M          | P           |
| AT01                    | -86300.998 | -105603.496 |
| AT02                    | -86296.936 | -105607.418 |
| AT03                    | -86312.558 | -105613.064 |
| AT04                    | -86309.573 | -105621.790 |
| AT05                    | -86305.653 | -105625.790 |
| MT01                    | -86285.532 | -105620.488 |
| MT02                    | -86291.198 | -105632.142 |
| SE8-1                   | -86293.065 | -105628.625 |

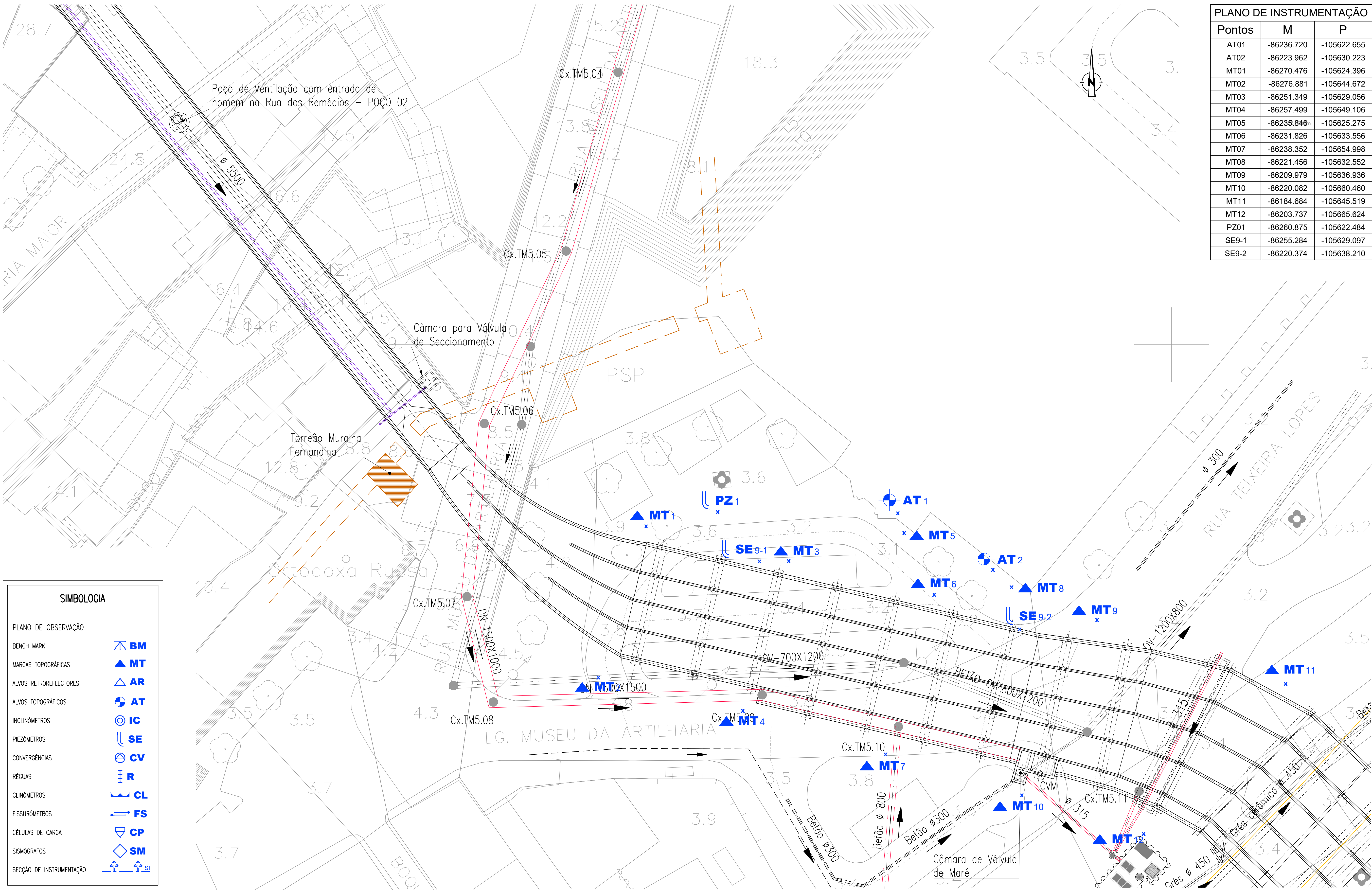




PLANTA  
A1=1:250/A3=1:500

PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO

| Pontos | M          | P           |
|--------|------------|-------------|
| AT01   | -86236.720 | -105622.655 |
| AT02   | -86223.962 | -105630.223 |
| MT01   | -86270.476 | -105624.396 |
| MT02   | -86276.881 | -105644.672 |
| MT03   | -86251.349 | -105629.056 |
| MT04   | -86257.499 | -105649.106 |
| MT05   | -86235.846 | -105625.275 |
| MT06   | -86231.826 | -105633.556 |
| MT07   | -86238.352 | -105654.998 |
| MT08   | -86221.456 | -105632.552 |
| MT09   | -86209.979 | -105636.936 |
| MT10   | -86220.082 | -105660.460 |
| MT11   | -86184.684 | -105645.519 |
| MT12   | -86203.737 | -105665.624 |
| PZ01   | -86260.875 | -105622.484 |
| SE9-1  | -86255.284 | -105629.097 |
| SE9-2  | -86220.374 | -105638.210 |



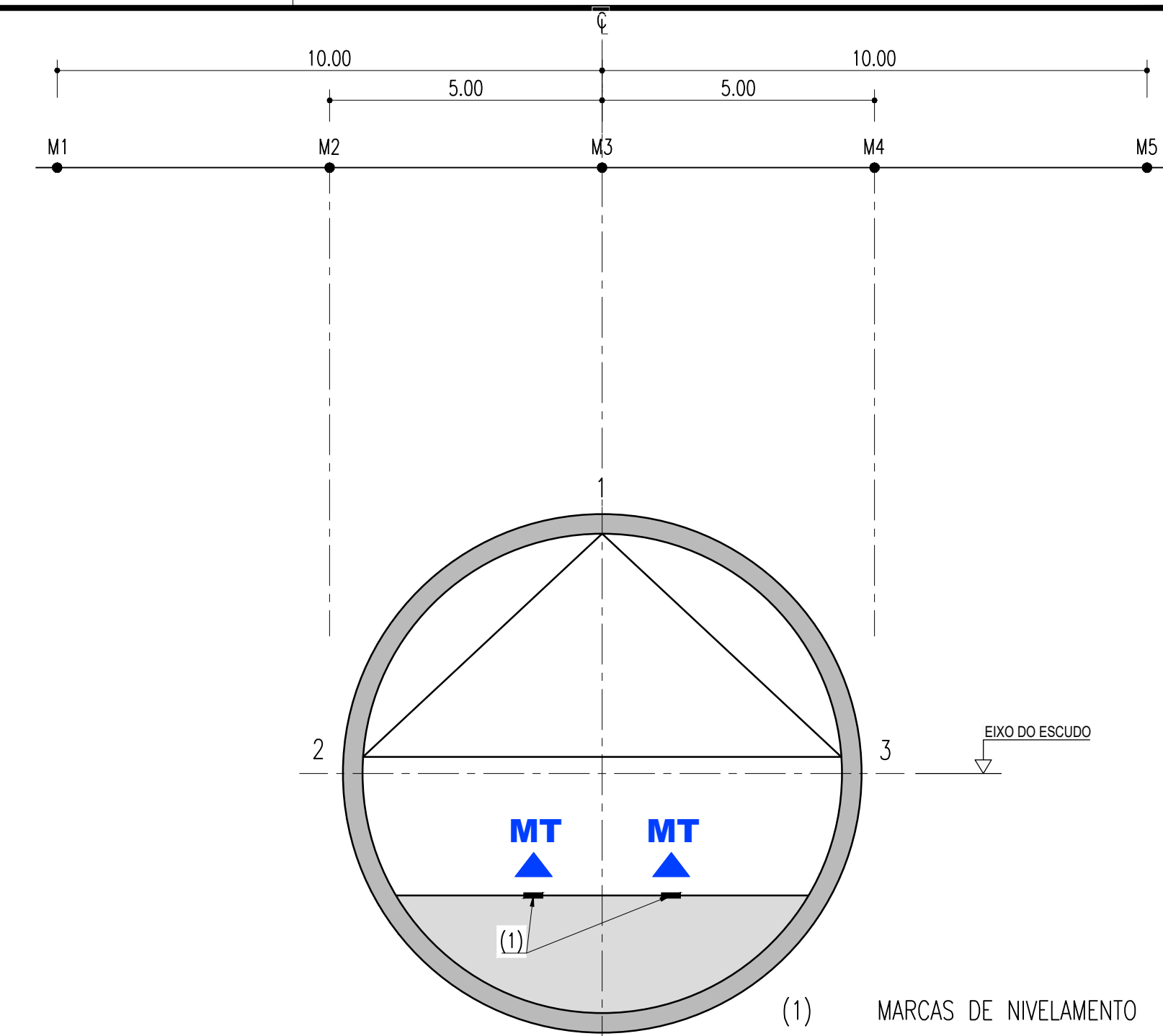
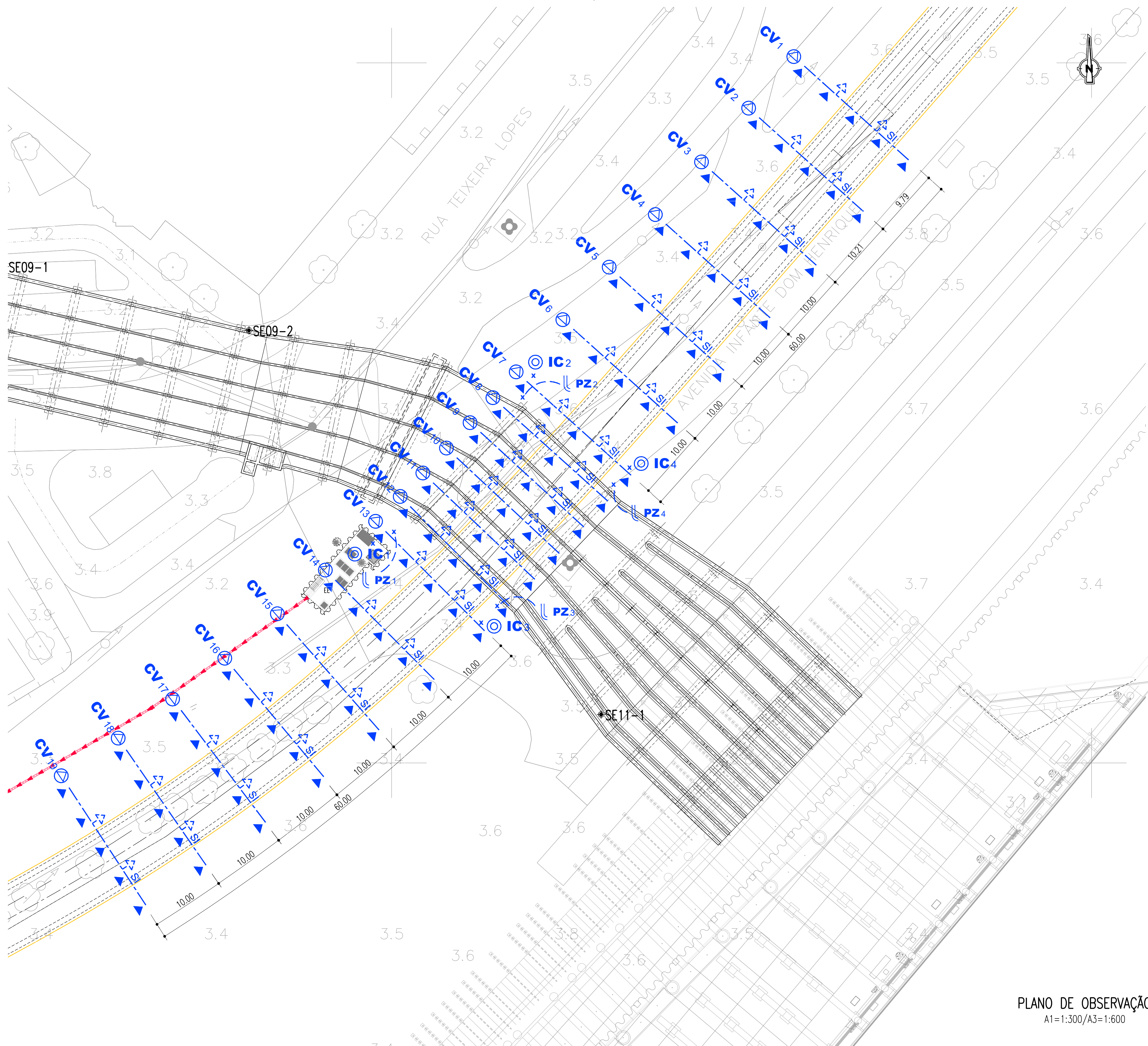
SIMBOLOGIA

PLANO DE OBSERVAÇÃO

- BENCH MARK
- MARCAS TOPOGRÁFICAS
- ALVOS RETROREFLECTORES
- ALVOS TOPOGRÁFICOS
- INCLINÓMETROS
- PIEZÓMETROS
- CONVERGÊNCIAS
- RÉGUAS
- CLINÓMETROS
- FISSURÓMETROS
- CÉLULAS DE CARGA
- SISMÓGRAFOS
- SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO



PLANTA  
A1=1:300/A3=1:600



SECÇÃO INSTRUMENTADA  
MODO DE INSTALAÇÃO DO EQUIPAMENTO  
A1=1:100/A3=1:200

PROGRAMA DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO:

1. AFASTAMENTO DAS MARCAS DE NIVELAMENTO INDICADO NA PLANTA
2. INSTALAÇÃO DE MARCOS DE NIVELAMENTO TOPOGRÁFICO EM FUNDAÇÕES ADEQUADAS
3. EM QUALQUER SECÇÃO INSTRUMENTADA, DEVERÁ SER EFECTUADA UMA MEDIDA DA REFERÊNCIA (MEDIDA ZERO) ANTES DE SE INICIAREM QUALQUER TRABALHOS
4. UMA VEZ INICIADOS OS TRABALHOS, DEVERÃO SER EFECTUADAS MEDIDAS COM FREQUÊNCIA DE ACORDO COM A MEMÓRIA DESCRITIVA
5. ESTE PROGRAMA PODERÁ SER ALTERADO FACE A CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO OU NA EVENTUALIDADE DE OCORRÊNCIA DE SITUAÇÕES CONSIDERADAS DE COMPORTAMENTO ANÓMALO.

#### SIMBOLOGIA

PLANO DE OBSERVAÇÃO

|                          |  |    |
|--------------------------|--|----|
| BENCH MARK               |  | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      |  | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   |  | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       |  | AT |
| INCLINÓMETROS            |  | IC |
| PIEZÓMETROS              |  | PZ |
| CONVERGÊNCIAS            |  | CV |
| REGUAS                   |  | R  |
| CLINÓMETROS              |  | CL |
| FISSURÓMETROS            |  | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         |  | CP |
| SISMÓGRAFOS              |  | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO |  | SI |

NOTAS:  
△ MT = 38mm  
FS = 3 POR SECÇÃO = 57mm

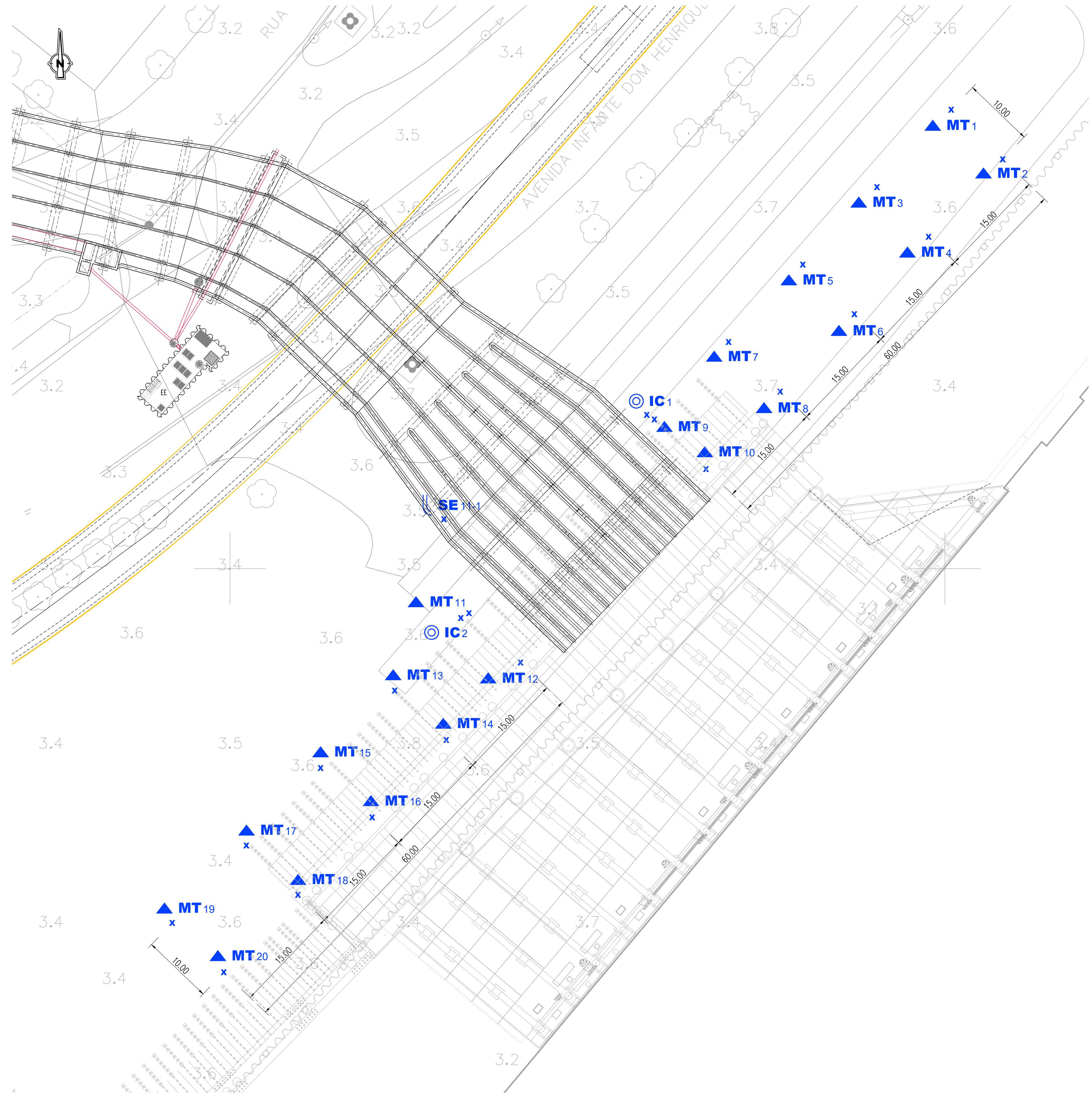
#### PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO

| Pontos | M          | P           |
|--------|------------|-------------|
| CV01   | -86133.615 | -105607.133 |
| CV02   | -86140.068 | -105614.493 |
| CV03   | -86146.802 | -105622.173 |
| CV04   | -86153.394 | -105629.693 |
| CV05   | -86159.989 | -105637.211 |
| CV06   | -86166.600 | -105644.715 |
| CV07   | -86173.249 | -105652.185 |
| CV08   | -86176.576 | -105655.873 |
| CV09   | -86179.917 | -105659.521 |
| CV10   | -86183.363 | -105663.230 |
| CV11   | -86186.804 | -105666.865 |
| CV12   | -86190.278 | -105670.459 |
| CV13   | -86193.794 | -105674.013 |
| CV14   | -86200.963 | -105680.985 |
| CV15   | -86208.391 | -105687.745 |
| CV16   | -86216.113 | -105694.277 |
| CV17   | -86224.038 | -105700.477 |
| CV18   | -86232.208 | -105706.350 |
| CV19   | -86240.601 | -105711.898 |
| IC01   | -86202.660 | -105668.670 |
| IC02   | -86179.720 | -105644.710 |
| IC03   | -86187.207 | -105679.974 |
| IC04   | -86166.010 | -105657.840 |
| PZ01   | -86212.085 | -105660.086 |
| PZ02   | -86180.779 | -105689.988 |
| PZ03   | -86198.419 | -105639.696 |
| PZ04   | -86159.929 | -105665.909 |

PLANO DE OBSERVAÇÃO  
A1=1:300/A3=1:600



PLANTA  
A1=1:300/A3=1:600



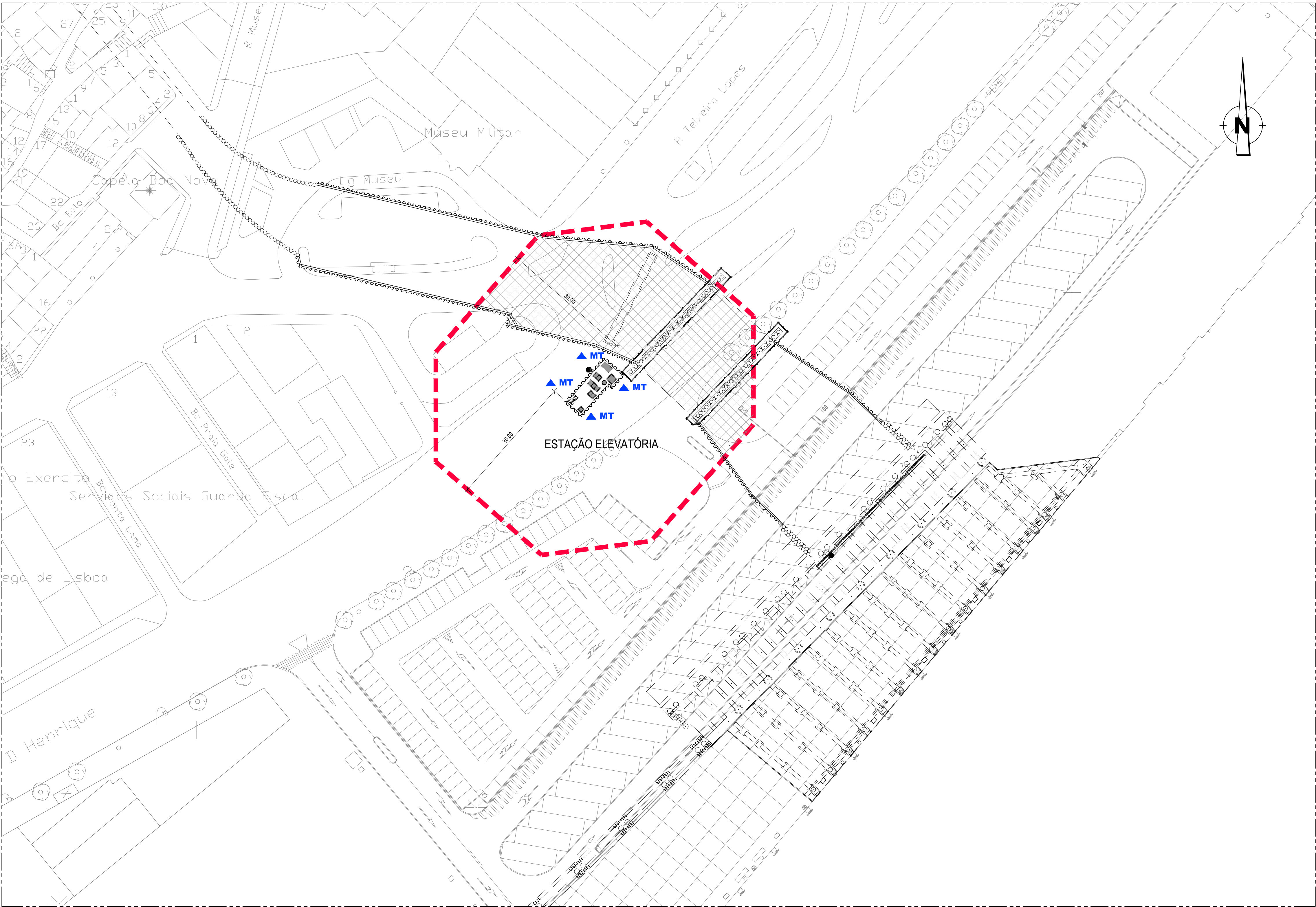
| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |            |             |
|-------------------------|------------|-------------|
| Pontos                  | M          | P           |
| IC01                    | -86141.692 | -105678.476 |
| IC02                    | -86167.697 | -105706.909 |
| MT01                    | -86099.125 | -105635.803 |
| MT02                    | -86091.904 | -105642.721 |
| MT03                    | -86109.501 | -105646.635 |
| MT04                    | -86102.280 | -105653.553 |
| MT05                    | -86119.877 | -105657.468 |
| MT06                    | -86112.656 | -105664.385 |
| MT07                    | -86130.253 | -105668.300 |
| MT08                    | -86123.032 | -105675.217 |
| MT09                    | -86140.629 | -105679.132 |
| MT10                    | -86133.408 | -105686.049 |
| MT11                    | -86166.574 | -105706.217 |
| MT12                    | -86159.353 | -105713.135 |
| MT13                    | -86176.950 | -105717.050 |
| MT14                    | -86169.729 | -105723.967 |
| MT15                    | -86187.326 | -105727.882 |
| MT16                    | -86180.105 | -105734.799 |
| MT17                    | -86197.702 | -105738.714 |
| MT18                    | -86190.481 | -105745.631 |
| MT19                    | -86208.078 | -105749.546 |
| MT20                    | -86200.857 | -105756.464 |
| SE11-1                  | -86170.061 | -105693.077 |

SIMBOLOGIA

- ▲ MT - MARCA TOPOGRÁFICA
- ⊙ IC - INCLINÓMETROS
- ⋈ SE - PIEZÓMETROS

- PROGRAMA DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO:
1. AFASTAMENTO DAS MARCAS TOPOGRÁFICAS INDICADO NA PLANTA
  2. INSTALAÇÃO DAS MARCAS TOPOGRÁFICAS EM FUNDAÇÕES ADEQUADAS
  3. EM QUALQUER SECÇÃO INSTRUMENTADA, DEVERÁ SER EFECTUADA UMA MEDIDA DA REFERÊNCIA (MEDIDA ZERO) ANTES DE SE INICIAREM QUALQUER TRABALHOS
  4. UMA VEZ INICIADOS OS TRABALHOS, DEVERÃO SER EFECTUADAS MEDIDAS COM FREQUÊNCIA DE ACORDO COM A MEMÓRIA DESCRITIVA
  5. ESTE PROGRAMA PODERÁ SER ALTERADO FACE A CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO OU NA EVENTUALIDADE DE OCORRÊNCIA DE SITUAÇÕES CONSIDERADAS DE COMPORTAMENTO ANÓMALO.





| SIMBOLOGIA               |    |
|--------------------------|----|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |    |
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | PZ |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO |    |

| DISPOSITIVOS | QUANTIDADES |
|--------------|-------------|
| MT           | 4           |

LEGENDA:  
- ZONA DE INFLUÊNCIA DA ESCAVAÇÃO

RESERVADOS TODOS OS DIREITOS DE Cópia e de Imagem  
Qualquer utilização não autorizada sem o consentimento escrito da Mota Engil é considerada ilícita e passível de sanção legal.



PROJETO: **EMPREITADA DE EXECUÇÃO DOS TÚNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS**  
**P12 - TMSA: SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DA ZONA BAIXA DA BACIA DE SANTA APOLÓNIA - ZONA OCIDENTAL (INCLUINDO SISTEMA ELEVATÓRIO)**

ESCALAS:  
1:500

|           |    |
|-----------|----|
| PROJETOU: | RR |
| DESENHOU: | HP |

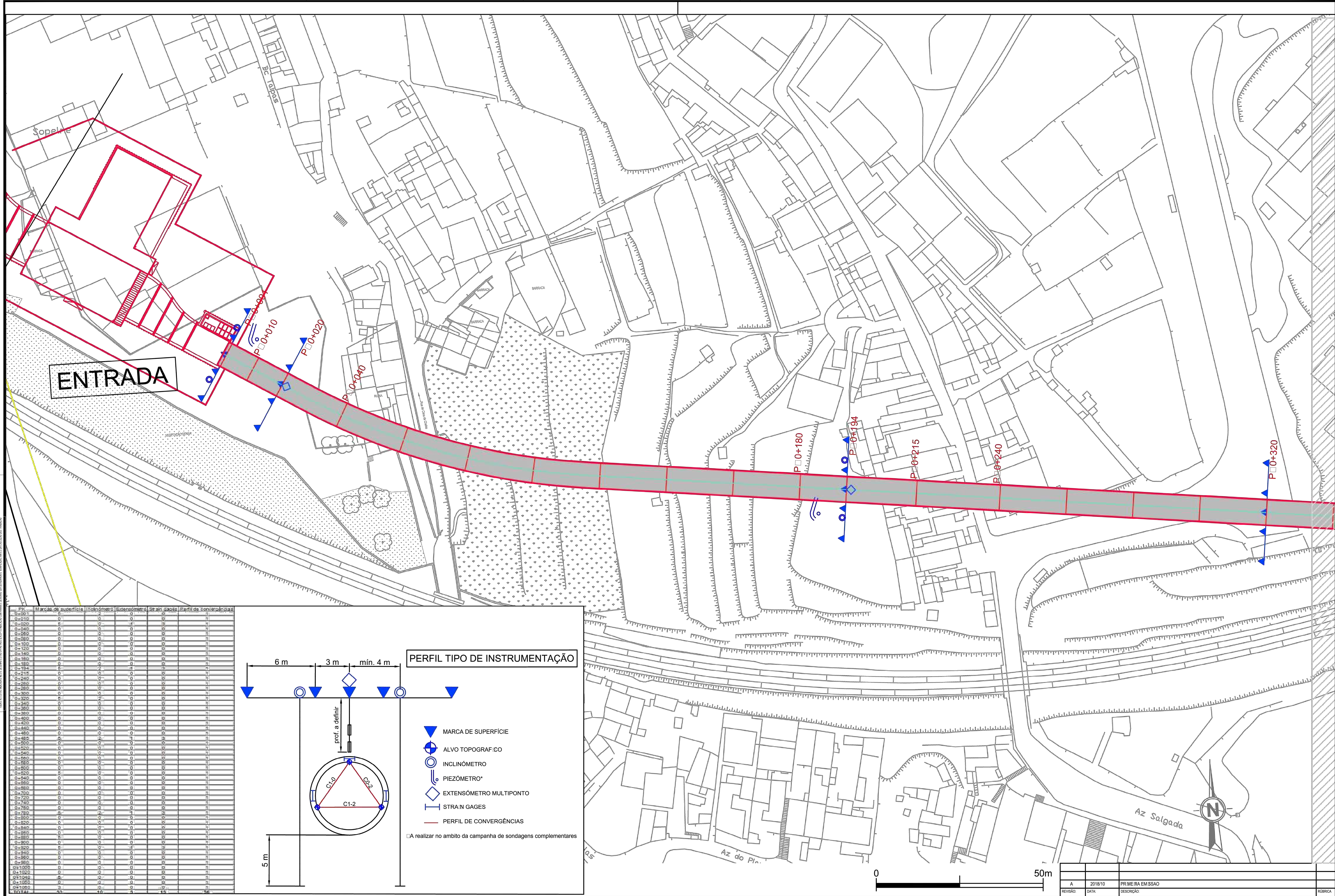
|            |     |
|------------|-----|
| VERIFICOU: | GSF |
| APROVOU:   | JSC |

DESIGNAÇÃO: **PROJETO DE EXECUÇÃO**  
**PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO**

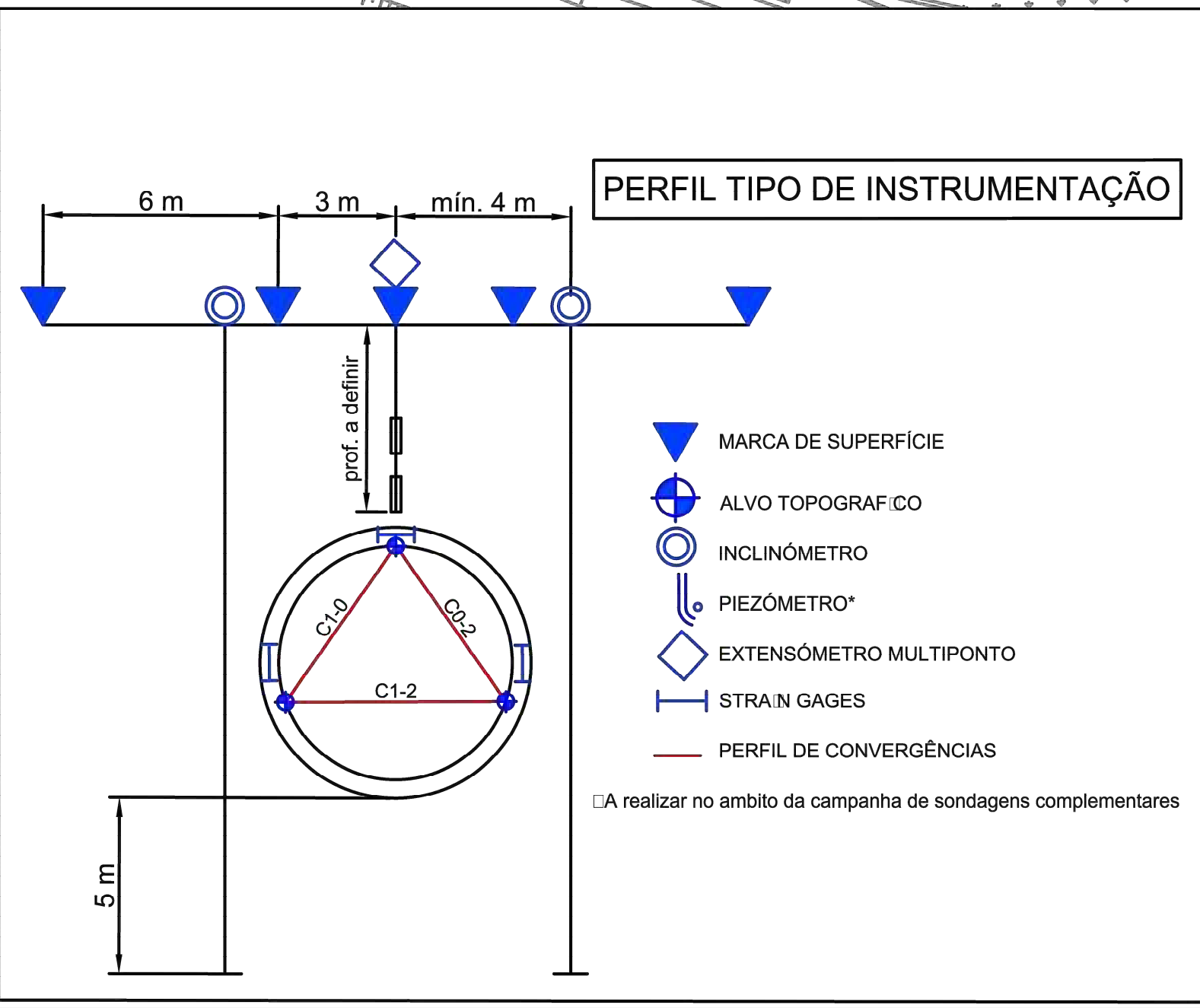
| CÓDIGO DO DOCUMENTO:             |                  |           |  |
|----------------------------------|------------------|-----------|--|
| P12-TMSA-TM6-PE-DES-OBS-07.01-R0 |                  |           |  |
| REVISÃO:                         | DATA 1ª EMISSÃO: | Nº ORDEM: |  |
| R0                               | 2021/10          | -         |  |

P12-TMSA-TM6-DES-OBS-07-01-R0.dwg





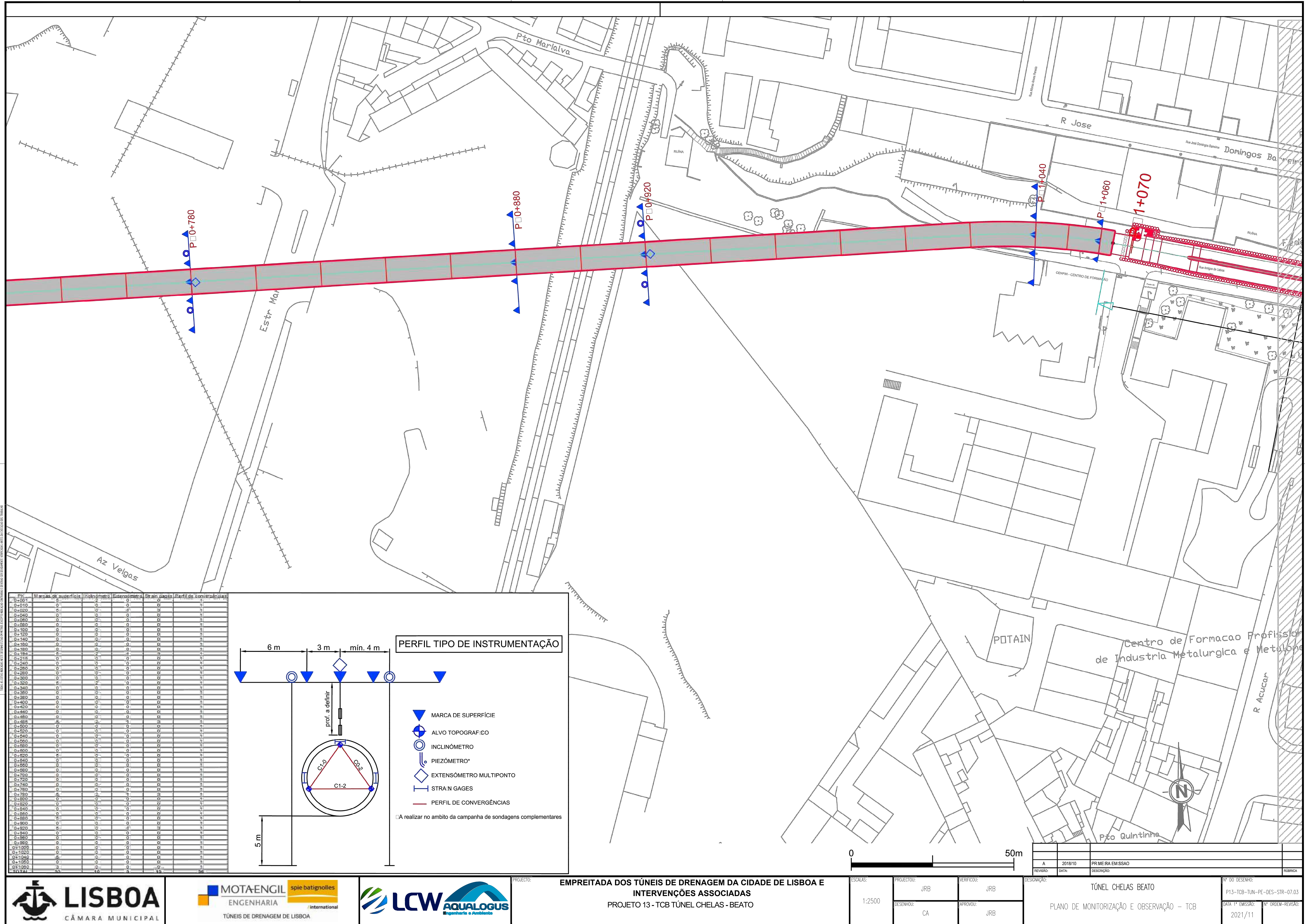
| PC     | Marcas de superfície (m) | Inclinómetros | Extensómetros | Strain gages | Partes de convergências |
|--------|--------------------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|
| 0+000  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+010  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+020  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+040  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+060  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+080  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+100  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+120  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+140  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+160  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+180  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+194  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+215  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+240  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+260  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+280  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+300  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+320  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+340  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+360  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+380  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+400  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+420  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+440  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+460  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+480  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+500  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+520  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+540  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+560  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+580  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+600  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+620  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+640  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+660  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+680  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+700  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+720  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+740  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+760  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+780  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+800  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+820  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+840  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+860  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+880  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+900  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+920  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+940  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+960  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+980  | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+1000 | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+1020 | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+1040 | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+1060 | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+1080 | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| 0+1100 | 0                        | 0             | 0             | 0            | 0                       |
| TOTAL  | 44                       | 40            | 5             | 15           | 56                      |













RESERVADOS TODOS OS DIREITOS DE LUGAR E DE IMAGEM  
TODAS AS LUGARES MARCADAS SÃO DE PROPRIEDADE DA EMPRESA E SÃO PROTEGIDAS POR LEI. A SUA REPRODUÇÃO OU UTILIZAÇÃO SEM A AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA É PROIBIDA.



| SIMBOLOGIA               |    |
|--------------------------|----|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |    |
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | PZ |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO |    |

| DISPOSITIVOS | QUANTIDADES |
|--------------|-------------|
| MT           | 13          |
| AT           | 20          |
| IC           | 3           |
| CP           | 16          |
| PZ           | 2           |

- LEGENDA:
- ZONA DE INFLUÊNCIA DA ESCAVAÇÃO
  - INTERFERÊNCIA
  - NÚMERO



PROJETO: EMPREITADA DE EXECUÇÃO DOS TÚNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS  
P14 - TCB: OBRA DE DESVIO DOS CANEIROS (LIGAÇÕES AO CANEIRO DA AV. EUA, AO CANEIRO DO VALE DE CHELAS E AO CANEIRO DA CALÇADA DA PICHELEIRA, POÇO DE GROSSOS E TAMISAGEM E LIGAÇÃO AO TCB)

ESCALAS:  
1:500

PROJETOUI: GSF  
DESENHO: HN  
VERIFICO: GSF  
APROVOU: JSC

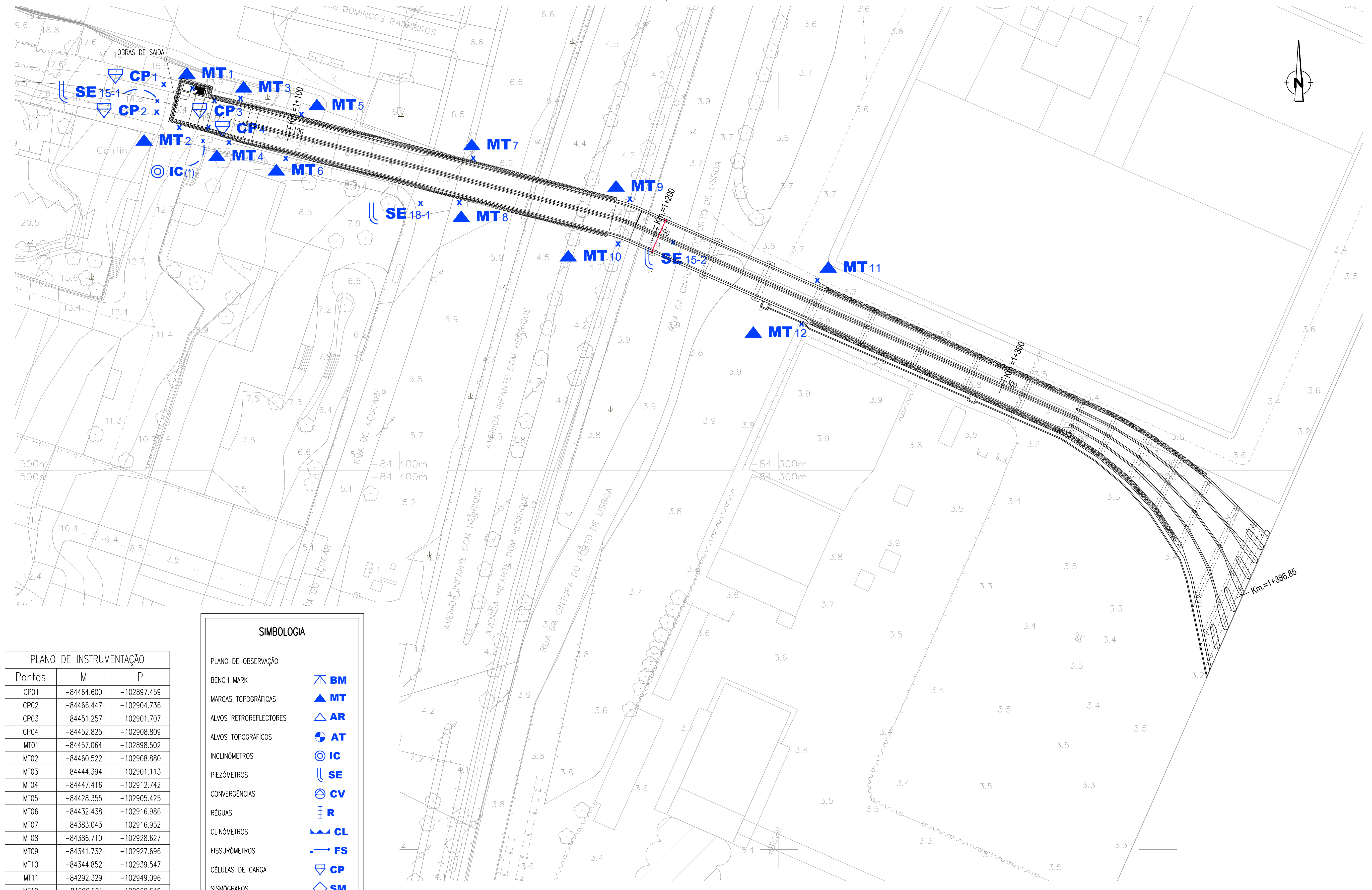
DESIGNAÇÃO: PROJETO DE EXECUÇÃO  
PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

|          |         |            |          |
|----------|---------|------------|----------|
| REVISÃO: | DATA:   | DESCRIÇÃO: | RUBRICA: |
| R0       | 2021/10 | -          | -        |

P14-TCB-PE-DES-OBS-08-01.dwg



PLANTA  
A1=1:500/A3=1:1000



| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |            |             |
|-------------------------|------------|-------------|
| Pontos                  | M          | P           |
| CP01                    | -84464.600 | -102897.459 |
| CP02                    | -84466.447 | -102904.736 |
| CP03                    | -84451.257 | -102901.707 |
| CP04                    | -84452.825 | -102908.809 |
| MT01                    | -84457.064 | -102898.502 |
| MT02                    | -84460.522 | -102908.880 |
| MT03                    | -84444.394 | -102901.113 |
| MT04                    | -84447.416 | -102912.742 |
| MT05                    | -84428.355 | -102905.425 |
| MT06                    | -84432.438 | -102916.986 |
| MT07                    | -84383.043 | -102916.952 |
| MT08                    | -84386.710 | -102928.627 |
| MT09                    | -84341.732 | -102927.696 |
| MT10                    | -84344.852 | -102939.547 |
| MT11                    | -84292.329 | -102949.096 |
| MT12                    | -84296.501 | -102960.610 |
| SE15-1                  | -84466.282 | -102901.818 |
| SE15-2                  | -84330.336 | -102939.075 |
| SE18-1                  | -84396.938 | -102928.843 |

**SIMBOLOGIA**

PLANO DE OBSERVAÇÃO

BENCH MARK

MARCAS TOPOGRÁFICAS

ALVOS RETROREFLECTORES

ALVOS TOPOGRÁFICOS

INCLINÓMETROS

PIEZÓMETROS

CONVERGÊNCIAS

RÉGUAS

CLINÓMETROS

FISSURÓMETROS

CÉLULAS DE CARGA

SISMÓGRAFOS

SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO

BM

MT

AR

AT

IC

SE

CV

R

CL

FS

CP

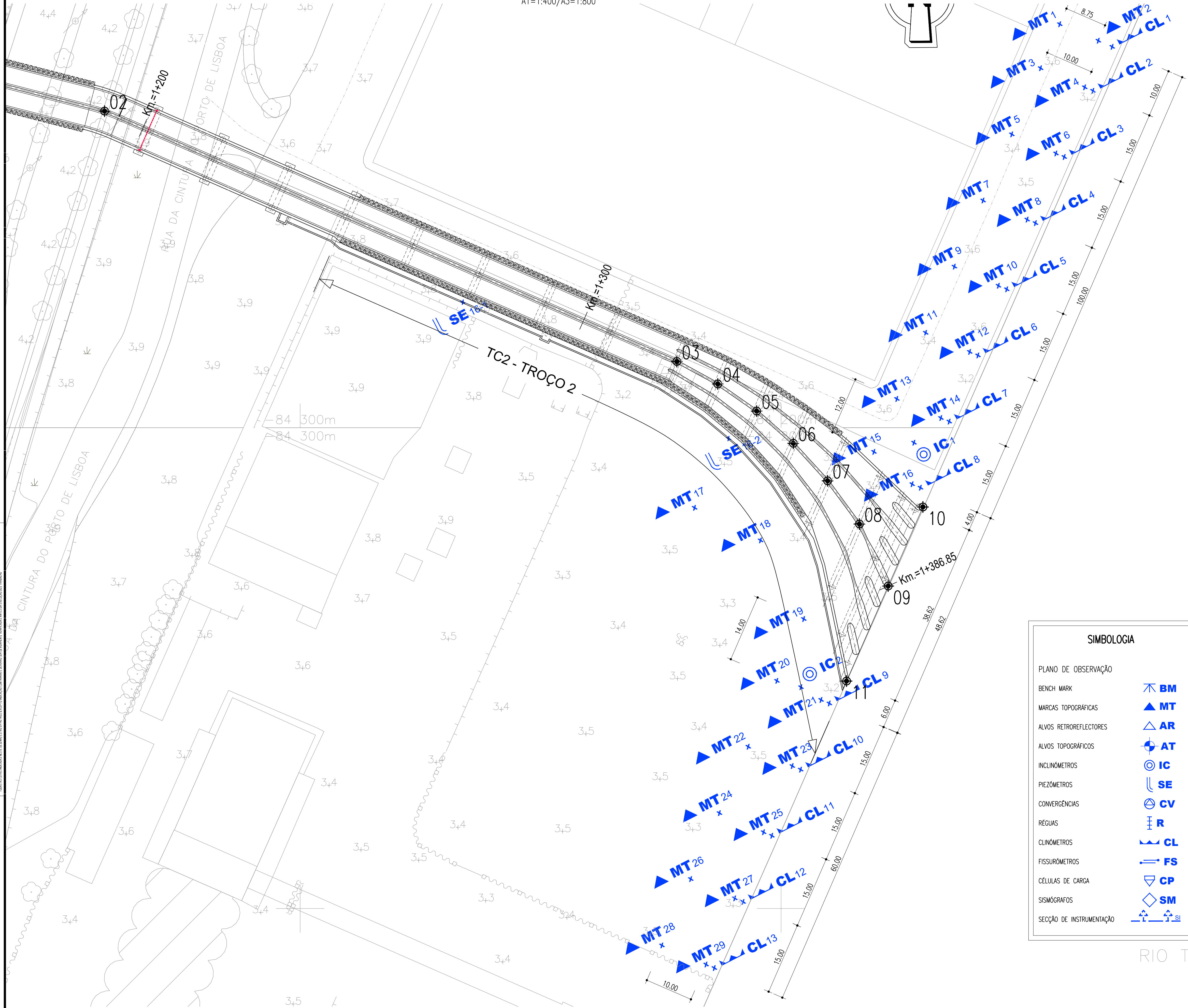
SM

NOTAS:  
IC(\*) - Contabilizado no Projeto P13

RELEVANDO TODOS OS DADOS DE LULA E DE ANEXO  
TODOS OS DADOS DE LULA E DE ANEXO  
TODOS OS DADOS DE LULA E DE ANEXO

P15-TCB-TC2-PE-DES-OBS-90.01.dwg





| PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO |            |             |
|-------------------------|------------|-------------|
| Ponto                   | M          | P           |
| CL01                    | -84131.147 | -102920.790 |
| CL02                    | -84135.132 | -102929.963 |
| CL03                    | -84141.109 | -102943.720 |
| CL04                    | -84147.087 | -102957.478 |
| CL05                    | -84153.064 | -102971.236 |
| CL06                    | -84159.041 | -102984.993 |
| CL07                    | -84165.018 | -102998.751 |
| CL08                    | -84170.995 | -103012.509 |
| CL09                    | -84189.950 | -103057.362 |
| CL10                    | -84195.927 | -103071.120 |
| CL11                    | -84201.904 | -103084.878 |
| CL12                    | -84207.881 | -103098.635 |
| CL13                    | -84213.858 | -103112.393 |
| IC01                    | -84172.358 | -103003.101 |
| IC02                    | -84195.863 | -103053.996 |
| MT01                    | -84142.046 | -102916.055 |
| MT02                    | -84134.018 | -102919.543 |
| MT03                    | -84146.031 | -102925.227 |
| MT04                    | -84136.859 | -102929.212 |
| MT05                    | -84152.008 | -102938.984 |
| MT06                    | -84142.836 | -102942.969 |
| MT07                    | -84157.985 | -102952.742 |
| MT08                    | -84148.813 | -102956.727 |
| MT09                    | -84163.962 | -102966.500 |
| MT10                    | -84154.791 | -102970.485 |
| MT11                    | -84169.940 | -102980.257 |
| MT12                    | -84160.768 | -102984.242 |
| MT13                    | -84175.917 | -102994.015 |
| MT14                    | -84166.745 | -102998.000 |
| MT15                    | -84180.690 | -103005.017 |
| MT16                    | -84172.722 | -103011.757 |
| MT17                    | -84217.967 | -103016.657 |
| MT18                    | -84204.280 | -103023.422 |
| MT19                    | -84195.271 | -103039.785 |
| MT20                    | -84200.848 | -103052.626 |
| MT21                    | -84191.676 | -103056.611 |
| MT22                    | -84206.825 | -103066.384 |
| MT23                    | -84197.654 | -103070.369 |
| MT24                    | -84212.803 | -103080.142 |
| MT25                    | -84203.631 | -103084.127 |
| MT26                    | -84218.780 | -103093.899 |
| MT27                    | -84209.608 | -103097.884 |
| MT28                    | -84224.757 | -103107.657 |
| MT29                    | -84215.585 | -103111.642 |
| SE16-1                  | -84266.166 | -102973.886 |
| SE16-2                  | -84210.919 | -103002.258 |

SIMBOLOGIA

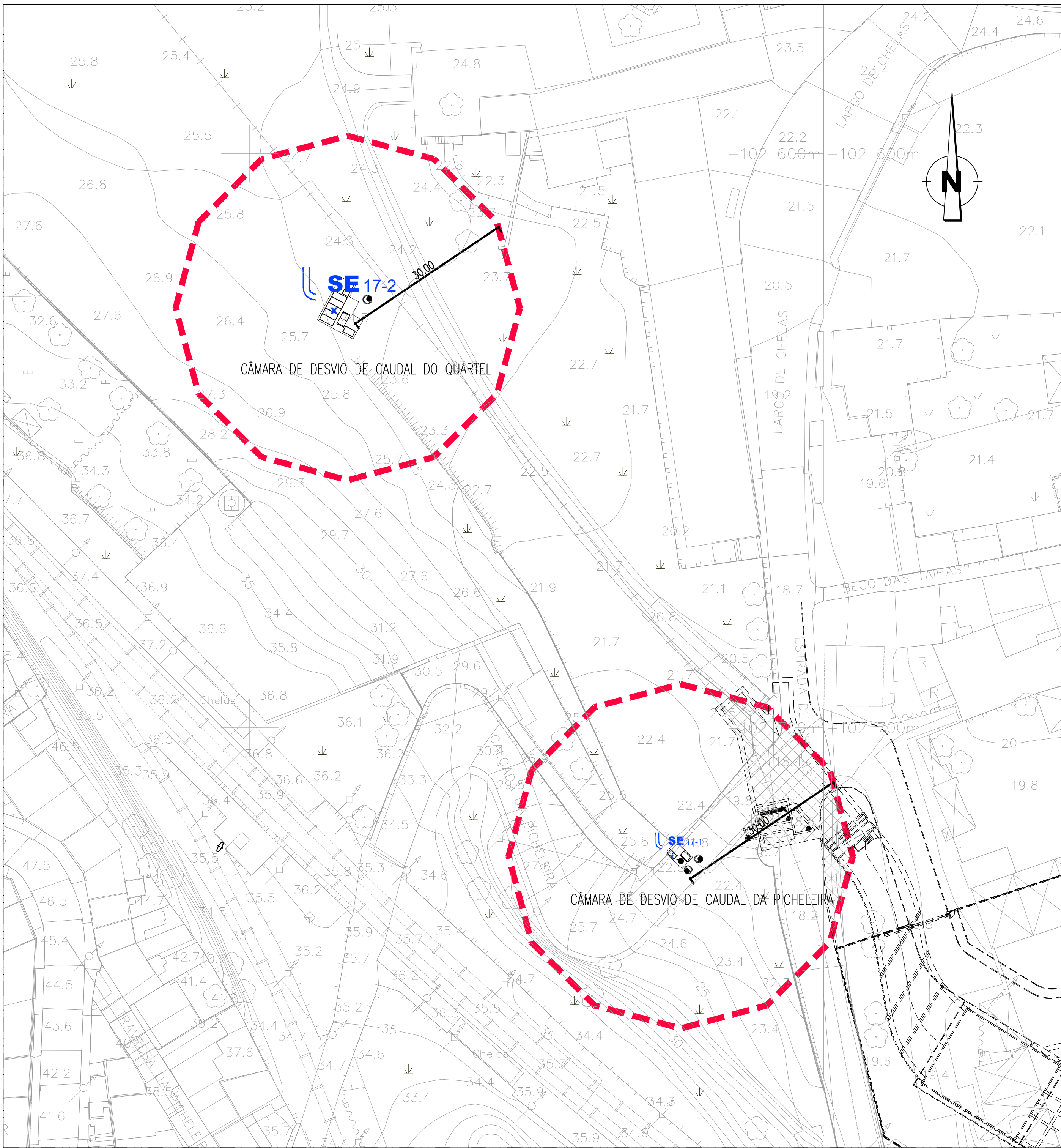
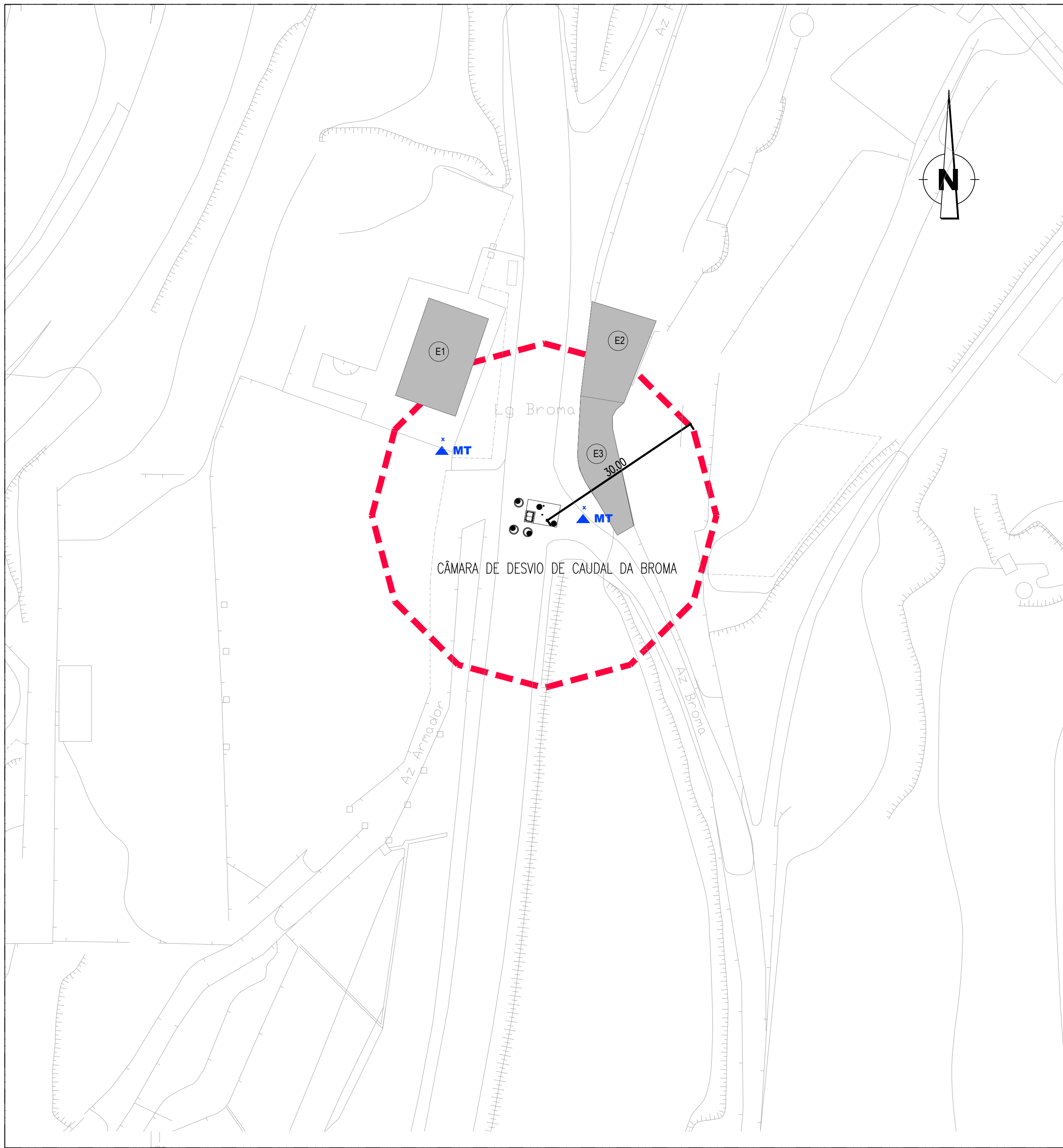
PLANO DE OBSERVAÇÃO

|                          |    |
|--------------------------|----|
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETRORREFLECTORES  | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | SE |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO | SI |

PROGRAMA DE INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTO:

1. AFASTAMENTO DAS MARCAS TOPOGRÁFICAS INDICADO NA PLANTA
2. INSTALAÇÃO DAS MARCAS TOPOGRÁFICAS EM FUNDAÇÕES ADEQUADAS
3. EM QUALQUER SECÇÃO INSTRUMENTADA, DEVERÁ SER EFECTUADA UMA MEDIDA DA REFERÊNCIA (MEDIDA ZERO) ANTES DE SE INICIAREM QUALQUER TRABALHOS
4. UMA VEZ INICIADOS OS TRABALHOS, DEVERÃO SER EFECTUADAS MEDIDAS COM FREQUÊNCIA DE ACORDO COM A MEMÓRIA DESCRITIVA
5. ESTE PROGRAMA PODERÁ SER ALTERADO FACE A CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO OU NA EVENTUALIDADE DE OCORRÊNCIA DE SITUAÇÕES CONSIDERADAS DE COMPORTAMENTO ANOMALO.





| SIMBOLOGIA               |    |
|--------------------------|----|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |    |
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | PZ |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO | SI |

| DISPOSITIVOS | QUANTIDADES |
|--------------|-------------|
| MT           | 2           |
| AT           | -           |
| IC           | -           |
| CP           | -           |
| PZ           | 1           |

LEGENDA:

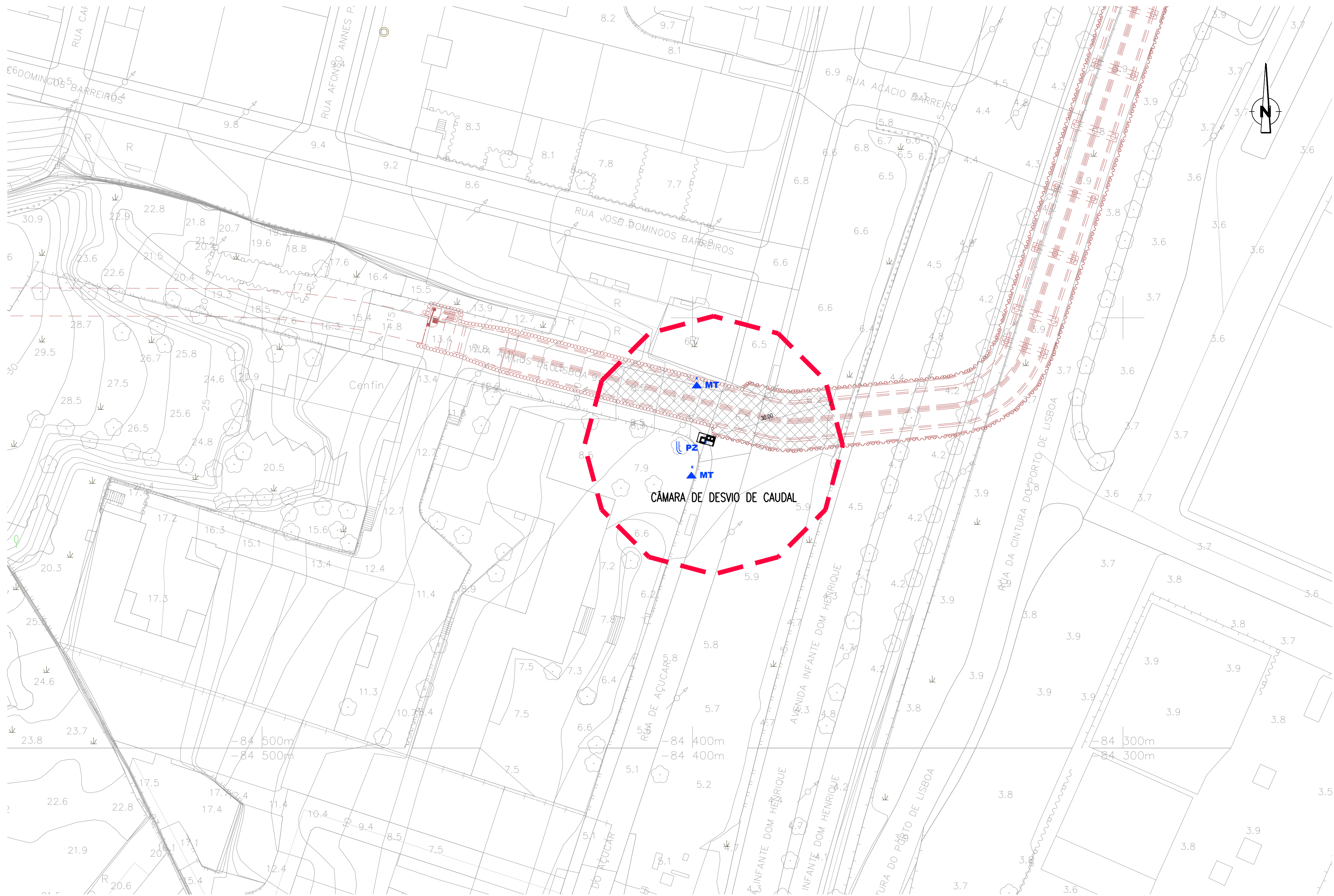
----- - ZONA DE INFLUÊNCIA DA ESCAVAÇÃO

----- - INTERFERÊNCIA

(N) - NÚMERO



PLANTA  
A1=1:500/A3=1:1000



| SIMBOLOGIA               |    |
|--------------------------|----|
| PLANO DE OBSERVAÇÃO      |    |
| BENCH MARK               | BM |
| MARCAS TOPOGRÁFICAS      | MT |
| ALVOS RETROREFLECTORES   | AR |
| ALVOS TOPOGRÁFICOS       | AT |
| INCLINÓMETROS            | IC |
| PIEZÓMETROS              | PZ |
| CONVERGÊNCIAS            | CV |
| RÉGUAS                   | R  |
| CLINÓMETROS              | CL |
| FISSURÓMETROS            | FS |
| CÉLULAS DE CARGA         | CP |
| SISMÓGRAFOS              | SM |
| SECÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO |    |

| DISPOSITIVOS | QUANTIDADES |
|--------------|-------------|
| MT           | 2           |
| AT           | -           |
| IC           | -           |
| CP           | -           |
| PZ           | 1           |

LEGENDA:  
- ZONA DE INFLUÊNCIA DA ESCAVAÇÃO

Planta de localização



PROJECTO: EMPREITADA DE EXECUÇÃO DOS TÚNEIS DE DRENAGEM DA CIDADE DE LISBOA E INTERVENÇÕES ASSOCIADAS  
P18: TCB: SISTEMA DE DRENAGEM DE AR NA ZONA DO BEATO (INCLUINDO A CÂMARA DE DESVIO DE CAUDAL DA RUA AMIGOS DE LISBOA)

ESCALAS:  
COMO INDICADO

PROJECTO: FM/AM  
DESENHO: SM

VERIFICOU: FG  
APROVOU: SC

DESIGNAÇÃO: PROJETO DE EXECUÇÃO  
PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

CÓDIGO DO DOCUMENTO: P18-TCB-TC2-PE-DES-OBS-90.01  
REVISÃO: R0 DATA 1ª EMISSÃO: 2021/10 Nº ORDEM: -