



Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



VIADUTOS DO
CAMPO GRANDE
ACORDAMENTO CONSULTAS - EMPREITEIRA

TEIXEIRA DUARTE
ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES, S.A.

SOMAFEL

GRID

INGÉROP

GEG

**PROLONGAMENTO DAS LINHAS AMARELA E VERDE:
VIADUTOS CAMPO GRANDE
METROPOLITANO DE LISBOA, E.P.E**

PROJETO DE EXECUÇÃO

LISTA DE PEÇAS ESCRITAS

TOMO I - GERAL

PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO



Metropolitano de Lisboa, E.P.E.



Plano de Expansão do Metropolitano de Lisboa - Prolongamento das Linhas Amarela e Verde
Empreitada de Projeto e Construção dos Toscos, Acabamentos e Sistemas
Viadutos do Campo Grande

PROJETO DE EXECUÇÃO - TOSCOS, ACABAMENTOS E SISTEMAS

TOMO I - GERAL - PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO

CÓDIGO DOCUMENTO									CÓDIGO ML	DOCUMENTO	DATA
PRJ	ADO	FSP	ESP	OBR	IDO	TDC	NOR	IRV			
PEÇAS ESCRITAS											
VDCG	TXD	PE	INS	LT3	000	MD	89000	0	---	MEMORIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA	2021-06-09



**EMPREITADA DE PROJETO E CONSTRUÇÃO DOS TOSCOS,
ACABAMENTOS E SISTEMAS,
NO ÂMBITO DA CONCRETIZAÇÃO DO PLANO DE EXPANSÃO DO
METROPOLITANO DE LISBOA - PROLONGAMENTO DAS LINHAS AMARELA
E VERDE - VIADUTOS DO CAMPO GRANDE - LOTE 3
CONTRATO 79/2020-ML**

METROPOLITANO DE LISBOA, EPE

**PROJETO DE EXECUÇÃO
PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

DOCUMENTO N.º:	VDCG TXD PE INS LT3 000 MD 89000 0		
	NOME	ASSINATURA	DATA
ELABORADO	Carmina Costa		2021-06-09
	NOME	ASSINATURA	DATA
REVISTO	Luís Pedrosa		2021-06-09
	NOME	ASSINATURA	DATA
VERIFICADO	António Campos e Matos		2021-06-09
	NOME	ASSINATURA	DATA
APROVADO	Luís Pedrosa		2021-06-09



PÁGINA EM BRANCO



REGISTO DE PÁGINAS APLICÁVEIS

REVISÃO	DATA	PÁGINA ALTERADA / INTRODUZIDA



REGISTO DE MODIFICAÇÕES DO DOCUMENTO

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO
00	2021-06-09	Emissão Inicial



ÍNDICE

1	OBJETIVO E ÂMBITO	6
2	AVALIAÇÃO DE RISCO DE DANO	6
3	DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES	7
4	PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO	13
5	PERIODICIDADE DAS OBSERVAÇÕES	17
6	CRITÉRIOS DE ALERTA	18
7	INFORMAÇÃO AO PROJECTISTA	20
8	COMENTÁRIOS FINAIS	21

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Valores de referência para valores de alerta e alarme.....	20
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fundação da nova estrutura do prolongamento nascente do cais da Estação de Campo Grande	8
Figura 2 – Planta da zona da galeria existente e do coletor com localização dos cortes	11
Figura 3 – VL2 -P7	11
Figura 4 – VL2 -P9	11
Figura 5 – Planta – Encontro Poente e Edifício 79- 79F	12
Figura 6 - Edifício 79- 79F – Planta de fundações	12
Figura 8 – Topo nascente da Estação de Campo Grande (ampliação).....	14
Figura 9 – Lado nascente da Estação de Campo Grande, vista sul (ampliação).....	14
Figura 10 – Topo Poente da Estação de Campo Grande (ligação dos viadutos a construir VL2 à esquerda e VL1 à direita).....	14
Figura 11 – Apoios dos viadutos existentes e terminal rodoviário.....	14
Figura 12 - Torre Vicentina (próxima ao encontro oeste do VL2).....	15
Figura 13 - Zona do encontro oeste do VL2 no encontro ao viaduto existente.....	15
Figura 14 - Galeria do metro (construção próxima dos apoios do VL2)	15
Figura 15 - Avenida Padre Cruz	15



1 OBJETIVO E ÂMBITO

A presente Memória Descritiva e Justificativa refere-se à fase de Projeto de Execução do Plano de Instrumentação da “Empreitada de Projeto e Construção dos Toscos, Acabamentos e Sistemas, no Âmbito da Concretização do Plano de Expansão do Metropolitano de Lisboa - Prolongamento das Linhas Amarela e Verde-Viadutos do Campo-Lote 3, PROC. Nº 126/2019 - DLO/ML; Contrato 79/2020-ML”.

Em particular, o presente documento, tem como objetivo apresentar o plano de instrumentação e observação que se propõe seja implementado de forma a monitorizar os trabalhos a desenvolver no âmbito da empreitada supracitada, nomeadamente na Ampliação do Cais Nascente da Estação Campo Grande, Reforço do Pórtico de Fixação e construção dos Viadutos VL1 e VL2 incluídos na ligação da Linha Amarela e Linha verde do Metropolitano de Lisboa.

As obras dos viadutos VL1 e VL2 e as fundações da Ampliação do Cais Nascente da Estação Campo Grande, até pela ligação a estruturas existentes, possuem uma componente geotécnica, à qual estão sempre associados alguns fatores de risco decorrentes do conhecimento sempre limitado que se possui dos terrenos interessadas, das incertezas de previsão do seu comportamento e da distribuição e variação das suas propriedades. Estas condicionantes põem em evidência a necessidade de recorrer a métodos complementares com observação das obras durante a construção e exploração, através da instalação prévia de equipamento específico.

Procura-se, deste modo, obter a comprovação do modelo estrutural e geotécnico que esteve na base do respetivo projeto, verificar as hipóteses admitidas no desenvolvimento do trabalho, medir os valores das grandezas de referência e despistar eventuais hipóteses de comportamentos anómalos das secções observadas.

Para alcançar estes objetivos, são definidas as tipologias de instrumentos a colocar e grandezas a medir, a localização dos dispositivos, a frequência das leituras e os critérios de alerta e alarme.

2 AVALIAÇÃO DE RISCO DE DANO

A relativa proximidade das obras a alguns edifícios (Estação de Campo Grande e Torre Vicentina) e estruturas (encontros e viadutos da Linha Amarela e Verde existentes e galeria do Metropolitano) leva a considerar os possíveis efeitos e consequências dos deslocamentos e assentamentos associados à obra.

O objetivo é a avaliação previsível da intensidade do dano que podem sofrer as estruturas ou edifícios existentes na zona de intervenção.



As bacias de assentamento que se formam durante a fase de construção permitirão estimar as distorções angulares e assentamentos bem como os deslocamentos horizontais ao nível da base de estruturas existentes na zona de influência da obra.

A avaliação previsível de eventuais danos em construções nas proximidades da obra ajuda à valorização da necessidade de introduzir medidas corretivas, reforço ou proteções nas mesmas ou em elementos afetados.

Importa referir, que, apesar de tratar de uma obra em meio urbano, trata-se de uma intervenção “sobre elevada” essencialmente em viaduto, pelo que as escavações, embora existentes, são localizadas e não apresentam grandes alturas (escavações entre os 2 e os 6m para a realização das fundações dos viadutos). Esta obra não se trata assim de uma típica obra urbana subterrânea, onde as escavações podem constituir fatores de risco elevado às edificações próximas. Todavia, importa conhecer o expectável, instrumentar e monitorizar o real comportamento em fase de obra.

3 DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES

De seguida são apresentadas as principais atividades que podem gerar movimentos e consequentemente eventuais danos no património edificado e construções existentes.

1. Ampliação do Cais Nascente da Estação Campo Grande

Atendendo à informação obtida após a realização da campanha de prospeção geológica-geotécnica constatou-se que os materiais de fundação, junto à superfície, não são os mais adequados por forma a garantir a resistência e a deformabilidade necessária para suportar as ações que serão transmitidas pela estrutura a construir. Assim a solução desenvolvida em fase de projeto de execução é constituída por uma composição de solução de fundação direta associada a microestacas.

As fundações dos pilares serão materializadas através de maciços que encabeçam um conjunto de microestacas que serão constituídas por tubos metálicos TM-80, envolvidas em calda de cimento. O comprimento estimado para as microestacas é de aproximadamente 15m, incluindo o comprimento de selagem, em terrenos com características geomecânicas equivalentes a NSPT > 60.

De modo a minimizar os efeitos da ocorrência de eventuais assentamentos diferenciais e totais, todas as fundações estarão ligadas por vigas lintéis e as fundações existentes serão ligadas, com recurso a selagens de armaduras, às novas fundações.

A solução projetada já pretende limitar o efeito da nova construção na estrutura da estação existente conforme ilustrado na imagem abaixo, contudo a que a escavação necessária à execução desta fundação apoiada em microestacas seja feita de forma monitorizada prevê-se a instalação de alvos topográficos para a monitorização dos trabalhos.

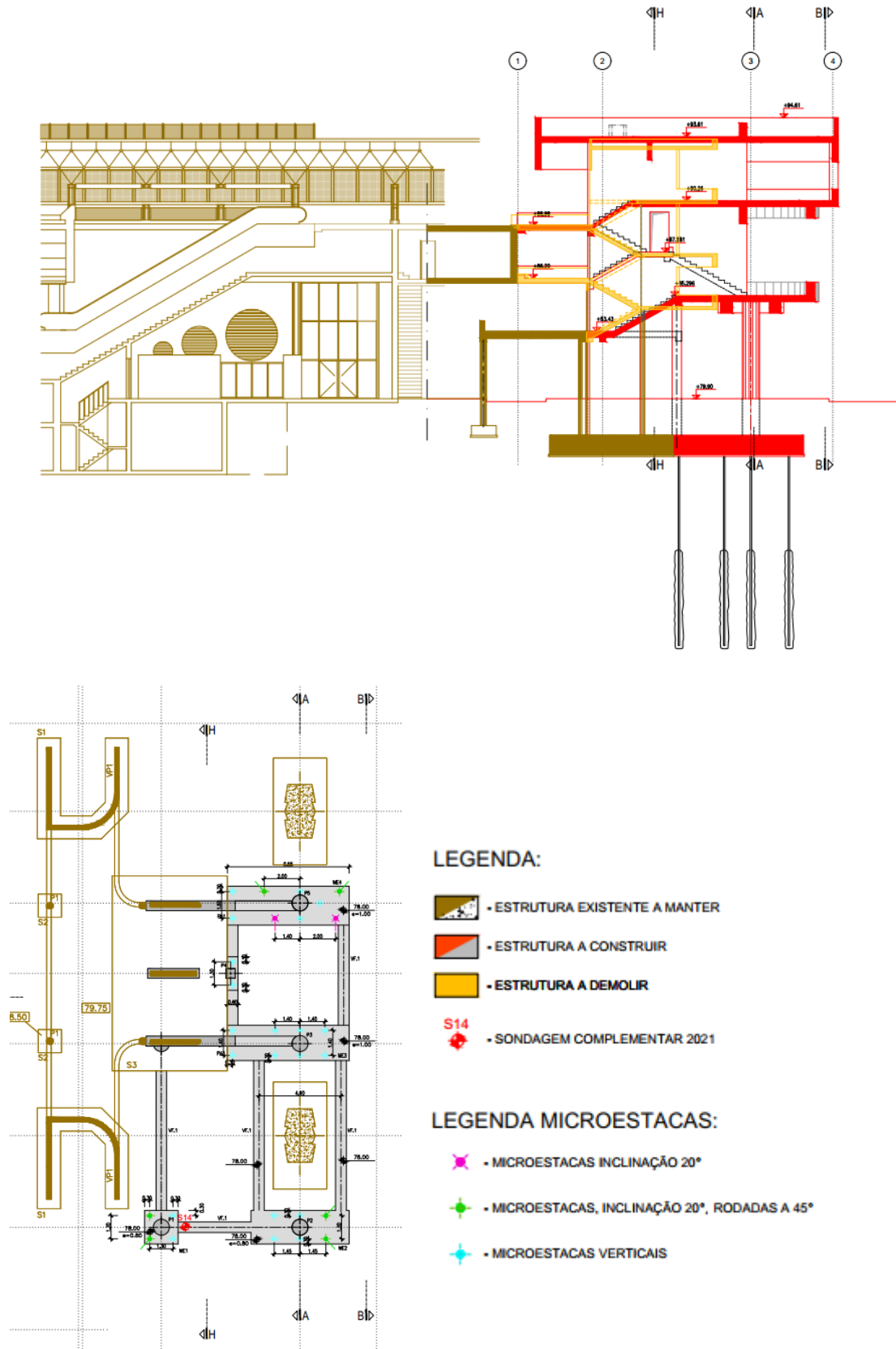


Figura 1 – Fundação da nova estrutura do prolongamento nascente do cais da Estação de Campo Grande



2. Viadutos VL1 e VL2

a. Fundações

Quer no VL1 quer no VL2 todas as novas estruturas são fundadas em estacas, por razões de capacidade estrutural, mas principalmente evocando razões de bom comportamento em serviço, para minimizar assentamentos diferenciais e perturbações nas estruturas vizinhas, transmitindo a carga a profundidades adequadas para alcançar o maciço mais competentes.

Foram estudadas as fundações e encontraram-se algumas alterações em relação ao previsto no Programa Preliminar, no número de estacas e na sua profundidade, mantendo objetivos acima referidos.

b. Encontros

A ligação nos encontros é assegurada por justaposição da nova estrutura à existente. Para garantir uma ligação sem assentamentos diferenciais que possam perturbar o bom funcionamento da via adjacente adotou-se, tal como no Programa Preliminar do ML, uma ligação por ferrolhos ao nível da laje da plataforma, a instalar previamente na estrutura existente para ligação à nova estrutura.

Nesta fase de Projeto de Execução são previstas soluções de estruturas de encontro semelhantes às existentes e que mantêm a condição de limitar/minimizar quaisquer assentamentos diferenciais entre as estruturas.

Ambos os novos encontros são ligados a encontros existentes, embora, fruto da extensão necessária à integração das novas vias, que se prolonga por várias dezenas de metros, acabam por se justapor à via existente para além dos encontros, em zona de trincheira (VL1) ou com muros laterais e cofres vazados de pequena altura (VL2).

A conceção de base do encontro do VL1 adota o princípio de criar um apoio ao tabuleiro através de uma viga de estribo assente em contrafortes apoiados num maciço com fundações indiretas, seguida de uma laje de plataforma apoiada em quatro alinhamentos de paredes longitudinais que formam um cofre vazado apoiado em estacas de pequeno diâmetro, realizadas com trado contínuo.

No Encontro do Viaduto VL2 realiza-se também uma estrutura vazada em que a plataforma ferroviária se apoia numa laje e em paredes longitudinais fundadas em estacas de pequeno diâmetro realizadas com trado contínuo, para melhorar a transmissão de cargas o solo subjacente. Numa zona em que a altura ao solo é muito reduzida será realizado um ensoleiramento que serve ao mesmo tempo de fundação ao muro de contenção lateral necessário.

Em termos gerais e para minimizar a duração das perturbações junto à estação, que terão sempre alguma influência na operacionalidade das vias atuais, mantém-se o princípio do Programa Preliminar do ML, de forma que a construção siga uma sequência que deixe para o fim as ligações



junto à estação, as quais serão realizadas já num período de interdição da circulação. Nas peças desenhadas do projeto esquematiza-se o faseamento construtivo preconizado.

c. Galeria e trincheira do túnel de ligação à Cidade Universitária

Os condicionamentos ao traçado não permitem uma aproximação não desejável à galeria e trincheira da linha atual, na transição para o túnel subterrâneo que conduz à Cidade Universitária.

No Programa Preliminar é patente a consideração do impacto desta aproximação à galeria e trincheira existentes, tendo sido concebidas e adotadas uma série de precauções visando o menor impacto possível nestas estruturas devido à presença da nova estrutura do viaduto, em particular o impacto das fundações deste. O problema desta aproximação destes pilares foi então tido em conta aos seguintes níveis:

1. Na conceção da estrutura, preconizando que:
 - Um reposicionamento dos pilares que minimize as proximidades com as estruturas existentes, nomeadamente da galeria enterrada;
 - Os maciços de fundação junto da galeria fiquem superficiais, ao nível da sua cobertura, evitando-se escavações profundas junto à Av. Padre Cruz e futuros impulsos adicionais do bloco no vão das paredes da galeria existentes enterradas
 - Os maciços de fundação próximos da trincheira se fundem ao nível da soleira desta, também para evitar impulsos adicionais nas paredes
 - Se utilize maciços de estacas relativamente compactos para distanciar as fundações das estruturas existentes de estacas sobredimensionado minimizando assentamentos verticais e assegurando uma grande resistência aos movimentos horizontais ao bloco de fundação para não induzir esforços no existente
2. No faseamento construtivo deve ser avaliado o interesse em que:
 - As estacas sejam executadas com tubo moldador e escavações para os maciços de fundação ao abrigo de contenções provisórias, quando necessário, para minimizar desconfinamentos.

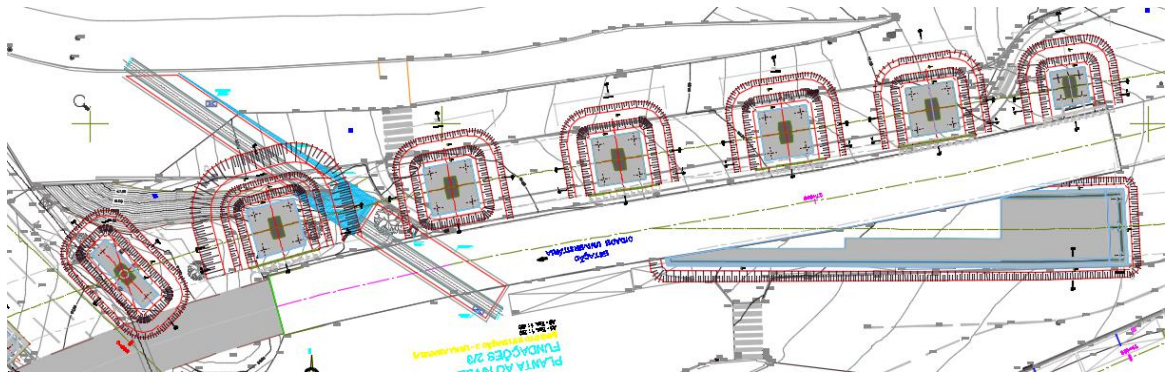


Figura 2 – Planta da zona da galeria existente e do coletor com localização dos cortes

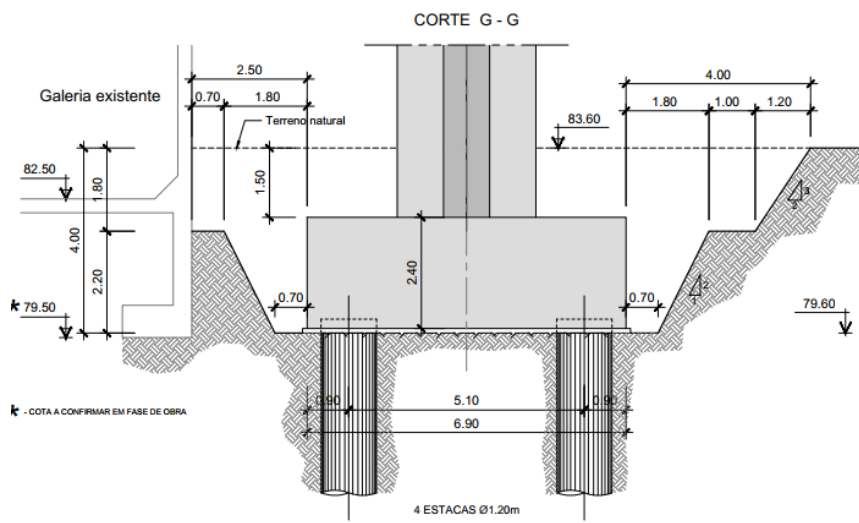


Figura 3 – VL2 -P7

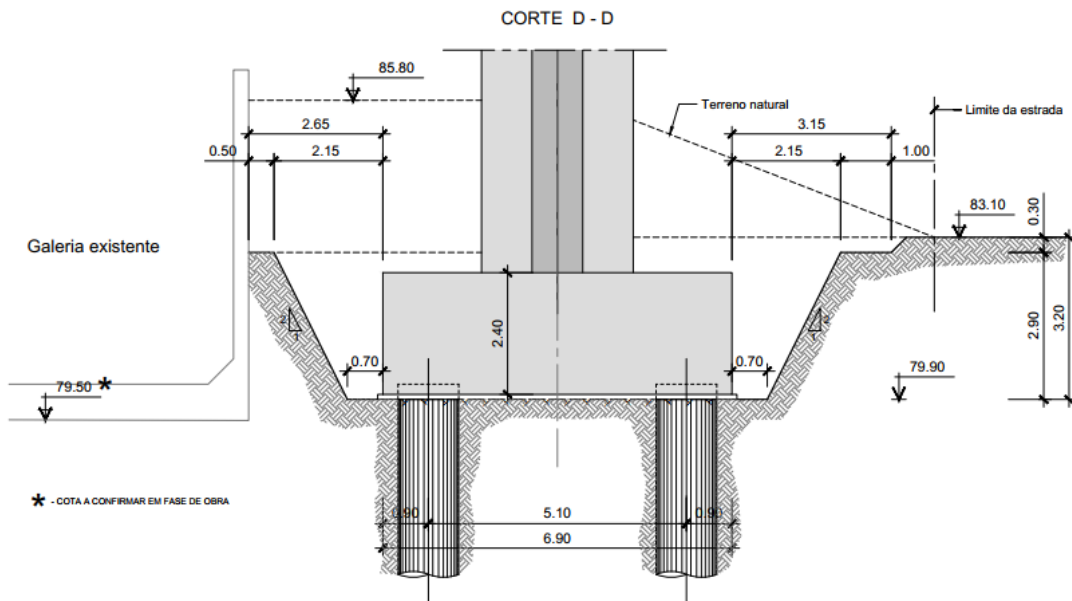


Figura 4 – VL2 -P9

3. Edifício 79-79f em Telheiras – Torre Vicentina

O encontro Poente do novo viaduto de ligação a Telheiras tem forçosamente que encaixar-se entre o encontro existente e o Edifício 79-79F inviabilizando a circulação do troço final da Estrada de Telheiras e o acesso às garagens do edifício, que terá que ser restabelecido no âmbito desta empreitada.

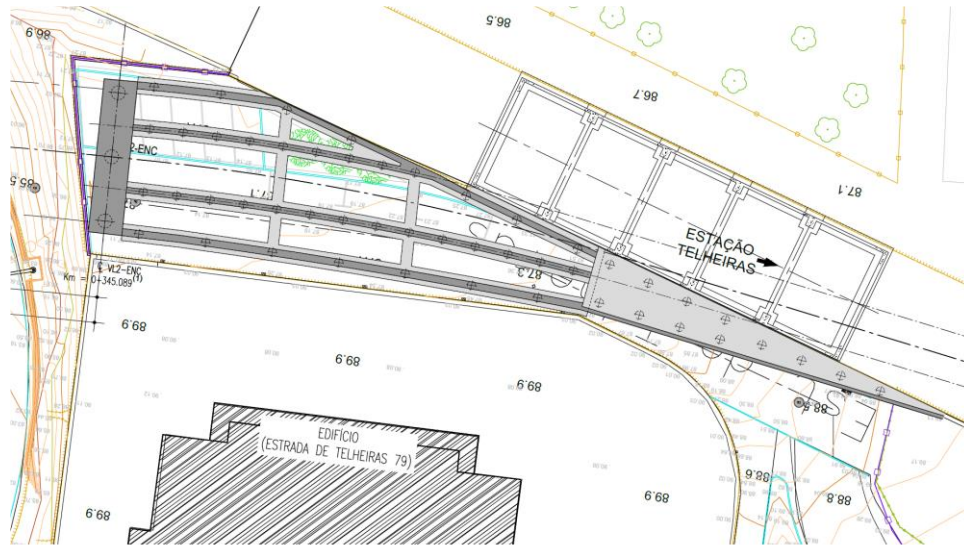


Figura 5 – Planta – Encontro Poente e Edifício 79- 79F

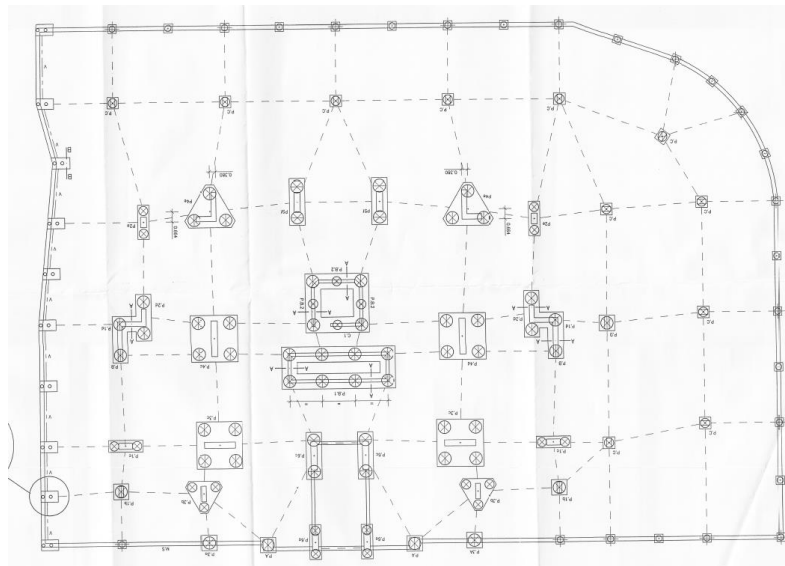


Figura 6 - Edifício 79- 79F – Planta de fundações



A geometria deste encontro é definida pelo necessário encaixe no encontro existente.

O encontro existente é constituído por uma viga de estribo fundada indiretamente através de barretas, seguindo-se uma laje de transição vigada, com 15 m de extensão e no seguimento a laje de plataforma assente no terreno.

No tardo do encontro construído, tanto a laje de transição como a laje da plataforma que se prolonga na sequência, estão assentes em paredes e contido numa contenção por muros travados um ao outro por tirante em betão armado. A inserção da nova estrutura na existente faz-se já para trás da laje de transição existente, ao nível da laje de plataforma assente no terreno/aterro confinado.

O novo encontro reproduz o conceito e considera um encontro constituído por um estribo fundado por estacas, para receber as reações do tabuleiro, prolongando-se para o seu tardo uma laje de transição/laje de plataforma que a partir de dado momento apoia-se diretamente no terreno. Para assentar esta laje de plataforma no terreno é necessário executar um conjunto de quatro paredes longitudinais que suportam a laje de plataforma apoiadas em inclusões rígidas em betão simples, realizadas por trado contínuo. O encontro tem uma altura máxima ao plano base da via de cerca de 4 m, integrando uma viga de estribo de largura 1.8 m, que é fundada por 3 estacas 1.20 m de diâmetro.

O edifício tem uma cave e 13 pisos elevados estando fundado sobre estacas e microestacas. Esta aproximação, obriga à tomada de cuidados particulares tendo sido preconizado:

- Uma vistoria ao prédio, identificando e registando eventuais danos anteriores;
- A elaboração de um Plano de Instrumentação e Observação do Edifício, para assegurar que as vibrações e as deformações se manterão em níveis aceitáveis.

4 PLANO DE INSTRUMENTAÇÃO E OBSERVAÇÃO

Apesar de não se tratarem de estruturas subterrâneas na sua plenitude, estas possuem contudo uma componente geotécnica que importa não descorar, nomeadamente a execução das fundações dos viadutos VL1 e VL2 (estacas e maciços), encontro do VL2 junto ao encontro do viaduto existente, zona de ligação do VL1 e VL2 ao existente na zona poente da estação e fundações da ampliação a nascente da Estação de Campo Grande. Pelo exposto, estes trabalhos merecerão cuidado no controlo de deformações, validação dos parâmetros do terreno e critérios de cálculo, pelo que se propõe seja considerada a sua instrumentação.

De seguida apresentam-se, a título exemplificativo, algumas das zonas a instrumentar.



Figura 7 – Topo nascente da Estação de Campo Grande (ampliação)



Figura 8 – Lado nascente da Estação de Campo Grande, vista sul (ampliação)



Figura 9 – Topo Poente da Estação de Campo Grande (ligação dos viadutos a construir VL2 à esquerda e VL1 à direita)



Figura 10 – Apoios dos viadutos existentes e terminal rodoviário



Figura 11 - Torre Vicentina (próxima ao encontro oeste do VL2)



Figura 12 - Zona do encontro oeste do VL2 no encontro ao viaduto existente



Figura 13 - Galeria do metro (construção próxima dos apoios do VL2)

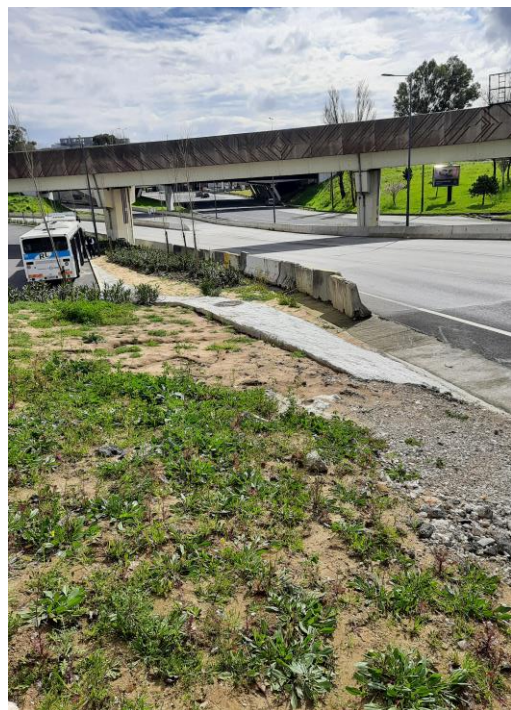


Figura 14 - Avenida Padre Cruz



O acompanhamento do comportamento dos edifícios e estruturas será feito com base em dispositivos cujo objetivo é o de monitorizar assentamentos, deslocamentos relativos e vibrações, designadamente:

- **Marcas topográficas** (de superfície) situadas no pavimento ou em terreno firme para a monitorização de assentamentos superficiais causados pelos trabalhos de escavação, nomeadamente na avenida Padre Cruz e Terminal rodoviário e junta à galeria do metro (devido à construção dos apoios mais profundos dos novos viadutos);
- **Alvos retrorrefletores** instalados nos edifícios /ou estruturas adjacentes (Torre Vicentina, pilares/capiteis dos viadutos existentes nos alinhamentos próximos da ligação novo/existente, fachadas poente e nascente da Estação de Campo Grande, encontro do viaduto existente no encontro com o VL2) e no interior de contenções provisórias (necessárias à construção dos apoios dos novos viadutos) com o objetivo de monitorizar os eventuais assentamentos e deslocamentos horizontais dos mesmos;
- **Piezómetros** para medir os eventuais níveis de água e o rebaixamento do nível freático (utilizar os que estão a ser implementados na fase da campanha de prospeção complementar). Esta monitorização será possível de ser executada antes da execução das fundações uma vez que as suas localizações coincidem com as dos futuros apoios do viaduto;
- **Fissurómetros** mecânicos e/ou eletrónicos para medir a evolução de fissuras, especialmente as consideradas estruturalmente importantes, de acordo com os relatórios de vistoria, para os edifícios/estruturas localizadas na área envolvente da obra, ou abertas no decurso da obra;

A localização exata, o tipo e o número de dispositivos de observação a instalar, quer em superfície, quer em profundidade, com vista a observar o comportamento do terreno, das estruturas e dos próprios edifícios existentes na vizinhança, são definidos em função das características geotécnicas da obra do tipo e da magnitude das deformações expectáveis e poderão ser ajustados/alterados em face do comportamento verificado em obra.

Toda a informação recolhida no plano de observação a propor deverá ser tratada de forma sistemática e atempada.

O plano de instrumentação e observação aqui apresentado terá por objetivo o controlo da obra enquanto estrutura sujeita a procedimentos específicos de construção, não sendo objeto do plano, outro tipo de observação do comportamento face a ações de eventuais acidentes, tais como explosões, libertação de gases ou incêndio.



Para além da instrumentação, durante a execução da obra deverão ser efetuadas observações de natureza qualitativa sobre a geologia dos terrenos escavados, por observação direta e dos edifícios/estruturas contíguas.

A instrumentação definida pretende possibilitar a deteção de eventuais anomalias em termos de assentamentos e deslocamentos que poderá eventualmente conduzir ao reforço da instrumentação agora preconizada.

Todos os dispositivos de observação deverão encontrar-se operacionais antes do início dos trabalhos, sendo a primeira leitura, correspondente à zeragem, efetuada na mesma altura. Após a sua instalação será feito o levantamento das respetivas coordenadas de implantação.

As **marcas topográficas** de superfície deverão ser constituídas por alvos fixos protegidos com uma tampa, com peça de centragem forçada, de modo a permitir leituras credíveis segundo os dois eixos coordenados.

Em condições normais de leitura o erro associado a este tipo de dispositivos é de geralmente de $\pm 0.5\text{mm}$, devendo as leituras ser efetuadas recorrendo a um nível de precisão com lâminas de faces paralelas a mira de virar.

Os **alvos topográficos** deverão ser instalados por colagem aos elementos a observar após a respetiva solidarização a placas metálicas planas. O erro normalmente associado à leitura destes dispositivos de observação é de $\pm 1\text{mm}$.

Os **piezómetros** são referente aos instalados na fase da campanha de prospeção complementar. As leituras do nível de água nos piezómetros são efetuadas com recurso a uma sonda, que consiste fundamentalmente numa fita métrica graduada com um sensor na extremidade inferior, que será induzida no furo, permitindo ao operador detetar a profundidade a que o nível de água se encontra através da leitura direta na fita.

Os **fissurómetros** instituídos visam medir a evolução de fissura, especialmente as que se considerarem estruturalmente importantes. A colocação destes instrumentos de medição deverá ser função dos relatórios de vistoria para os edifícios/estruturas a instrumentar, pelo que deverão ser instalados em fissuras com 0,5mm em elementos estruturais e de 1mm para elementos não estruturais

O controlo dos níveis de vibrações na área junto à Torre Vicentina, consta de documento específico.

5 PERIODICIDADE DAS OBSERVAÇÕES

Serão feitas várias leituras após a instalação de cada aparelho para definir uma leitura inicial estabilizada.

A frequência das leituras seguintes depende do ritmo de construção e do comportamento observado *in situ*, devendo no entanto efetuar-se no mínimo as seguintes leituras:

- A primeira leitura (que corresponde à zeragem) deve ser feita imediatamente após a colocação do equipamento de medição;
- Quando o equipamento de medição/dispositivo estiver situado a uma distância igual ou inferior a 100 m dos trabalhos (indutores de movimento/vibração), as leituras são diárias.
- Quando a os trabalhos estiverem a mais de 100 m:
 - Se as medidas tenderem a estabilizar, as leituras podem ser efetuadas com uma frequência semanal.
 - Se as leituras não estabilizarem, deve continuar a ser medida diariamente.
 - Se as leituras estabilizarem, a frequência de medição será mensal.
- Se forem detetadas medidas de desestabilização, as medições diárias ou semanais devem ser repostas.
- Todos os equipamentos continuarão a ser medidos mensalmente enquanto seguem os trabalhos na obra (com exceção dos acabamentos).

Para os piezómetros instalados na campanha de prospeção complementar as leituras deverão ser, no mínimo, semanais 1 mês antes do início dos trabalhos e diárias aquando da execução dos trabalhos de fundações e/ou escavações.

Não obstante das frequências das leitura definidas em fase de projeto, importa referir que as mesmas deverão ser aferidas em obra de forma a adequar a planificação com o desenvolvimento da mesma, de forma a que as leituras sejam o mais úteis possível para a antevisão do comportamento das estruturas instrumentadas. De tal forma, que em determinadas fases da obra em que se preveja possam ser induzidos movimentos com alguma relevância ou, caso se verifiquem deslocamentos que o justifiquem, a periodicidade das leituras deverá ser mais frequente.

6 CRITÉRIOS DE ALERTA

O sistema de alerta para esta obra deverá basear-se nos valores dos deslocamentos estimados e nos seguintes critérios:

- Análise e acompanhamento do cenário geológico-geotécnico dos terrenos interessados pela obra;
- Estudo das curvas deslocamentos-tempo, nomeadamente os incrementos de primeira e segunda ordem que correspondem à velocidade e à aceleração dos deslocamentos, respetivamente;
- Comparação entre os resultados sistematicamente obtidos em distintas secções de observação;
- Comparações com os resultados teóricos em modelos analíticos a numéricos,



- Interpretação de deformações em função da profundidade, das características geológicas dos terrenos, e eventualmente, função de acidentes geológicos.

O controlo dos valores registados pela instrumentação a instalar, terá como objetivo verificar a adequabilidade da solução implementada face às reais condições geológico e geotécnicas e/ou do método construtivo utilizado (se aplicável). Face à proximidade das estruturas existentes, foram limitados os assentamentos e as deformações horizontais à superfície e ao nível das fundações dos edifícios/estruturas que serão afetados pela construção, utilizando para o seu cálculo parâmetros conservativos.

Desta necessidade surge a definição de valores limites das grandezas a instrumentar, considerou-se suficiente estabelecer dois limites de alerta: limite de atenção e limites de alarme.

Os critérios de alerta adotam a variação da taxa de deformação (velocidade) e o valor acumulado da deformação. Em projeto de execução serão apresentados os níveis de alerta (atenção e alarme) para cada uma das gradezas e locais a instrumentar.

Considera-se que o **limite de atenção** corresponde ao estado em que o maciço/estrutura encontra perto do limite de estabilização, sendo necessário aumentar a frequência de leituras preconizada para a situação base de estabilização, e proceder à sua análise com mais atenção, se necessário recorrendo a métodos de retroanálise. Deverá igualmente proceder-se a uma análise crítica da qualidade construtiva e do processo construtivo implementado.

O **limite de alarme** corresponde a uma situação em que o maciço poderá encontra-se instável, sendo necessário decidir rapidamente quais as medidas a adotar para solucionar o problema, com vista a minimizar os danos possíveis.

As medidas a adotar poderão passar por aumentar as medidas de estabilização e posterior reformulação do processo construtivo, sempre acompanhadas pelo eventual reforço dos dispositivos de observação, bem como da sua frequência de leitura, de modo a proceder-se ao acompanhamento da sua eficácia.

No entanto caso se verifique a estabilização das leituras, antes da implementação das medidas referidas, poderá ser um indicador de que se deverá proceder à revisão dos limites de alarme definidos.

Caso a referida estabilização não se verifique deverão ser implementadas medidas corretivas e proceder-se a um acompanhamento contínuo das leituras do sistema de observação até à estabilização das mesmas, e conseqüentemente, ao retorno das condições de normalidade.

Complementarmente à monitorização dos dispositivos de observação, considera-se primordial importância à realização de inspeções visuais à obra, com a intenção de detetar eventuais anomalias do sistema de observação instalado.

Considera-se fundamental o respeito pelos valores de alerta que sejam estabelecidos, sendo de referir que estes não devem ser encarados de forma absoluta, mas sim encarados como um instrumento de avaliação do comportamento das escavações, que poderão ter que ser ajustados no decurso dos trabalhos em função do real comportamento da obra.

Os critérios de alerta adotam a variação da taxa de deformação (velocidade) e o valor acumulado da deformação. Apresentam-se os valores de deformação de referência:

Quadro 1 – Valores de referência para valores de alerta e alarme

		Níveis de Alerta		
		Atenção	Alarme	
Estruturas de contenção	Alvos topográficos	$\delta_v=0,20\%H$	$\delta_v=0,20\%H$	
Edifícios/estruturas	Assentamento totais (mm)	15	25	
	Inclinação (α)	1/500	1/300	
	Fissuras	Elementos estruturais	Acréscimo de 0,3mm	Acréscimo de 0,5mm
		Elementos não estruturais	Acréscimo de 1mm	Acréscimo de 3mm

δ_v – deslocamento vertical (mm)

H – altura de escavação (m)

7 INFORMAÇÃO AO PROJECTISTA

Com base na nossa experiência consideramos ser de extrema importância que seja criada uma base clara do fluxo de informação, sendo que a temática deste volume deverá estar incluída na gestão de risco do empreendimento.

Consideramos que todas as linhas de comunicação, informação e tomada de decisão no que concerne ao risco deverão ser definidas e tomadas públicas a todas as partes envolvidas.

Para que a instrumentação seja útil não só para obter a comprovação do modelo estrutural e geotécnico que esteve na base do projeto, mas também para que se possam implementar medidas preventivas atempadamente é necessário que seja nomeado um responsável pelas leituras, tratamento de dados e elaboração de relatórios de medição.

O projetista deverá ter conhecimento de todas as leituras que ultrapassem os limites de atenção em menos de 24h na instrumentação corrente e em menos de 6h na frente dos trabalhos de forma a poder implementar as medidas necessárias. Deverão ainda ser elaborados relatórios mensais com as considerações relevantes e registo de todas as leituras de modo a obter um histórico do comportamento das estruturas e edifícios.



8 COMENTÁRIOS FINAIS

No início de uma obra desta natureza, na primeira fase da construção, são normalmente deixados para trás alguns riscos residuais, resultado das incertezas associadas ao terreno natural, incluindo riscos conhecidos que não podem ser evitados e riscos que ainda não foram identificados.

Quer seja seguida uma metodologia com base em métodos numéricos ou com base em métodos empíricos a estimativa dos movimentos à superfície provocados por uma escavação e/ou perfuração, é sempre difícil fazer uma estimativa precisa. Esta dificuldade, associada à dificuldade de determinar efetivamente o dano que essa movimentação causa nas estruturas à superfície, são fatores que condicionam a forma como deverá ser encarada a metodologia de análise de danos nas edificações /estruturas contíguas aos trabalhos.

Apesar de se considerar que as metodologias utilizadas em projeto são as correntemente utilizadas para a estimativa de dano e que permitem a determinação do plano de monitorização, identificação dos principais edifícios e instrumentar, bem como ajudar na definição da instrumentação a instalar, os parâmetros de controlo dos edifícios a monitorizar, a frequência das leituras e efetuar e os limites de atenção e de alarme a respeitar no decurso dos trabalhos a efetuar, considera-se que a actualização da avaliação de risco em função dos resultados da observação da obra revela-se em geral fundamental, para que em tempo útil, se adotem eventuais medidas corretivas.

Salienta-se ainda que para que todo o sistema de alerta funcione, e assim viabilize a função da monitorização, é preciso que exista uma rápida transmissão da informação entre os diferentes intervenientes do processo.