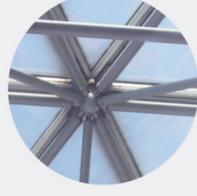
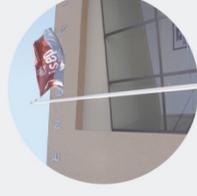




Acompanhamento de Obras de Requalificação em Espaços Públicos Urbanos no Município do Porto

JOÃO PEDRO PEREIRA VELUDO

novembro de 2017



Acompanhamento de Obras de Requalificação em Espaços Públicos Urbanos no Município do Porto

Acompanhamento de Obras de Requalificação em Espaços Públicos Urbanos no Município do Porto

JOÃO PEDRO PEREIRA VELUDO
Novembro de 2017



ACOMPANHAMENTO DE OBRAS DE REQUALIFICAÇÃO EM ESPAÇOS PÚBLICOS URBANOS NO MUNICÍPIO DO PORTO

JOÃO PEDRO PEREIRA VELUDO

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS

Orientador: Tiago Sarmento Sabino Domingues

Supervisor: Emídio Alexandre Vasconcelos Ferreira (Câmara Municipal do Porto)

NOVEMBRO DE 2017

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xxi
Abreviaturas	xxiii
CAPÍTULO 1 Introdução.....	1
CAPÍTULO 2 Enquadramento da Entidade de Estágio.....	5
CAPÍTULO 3 Compactação de Solos	11
CAPÍTULO 4 Pavimentos Rodoviários e Pedonais	25
CAPÍTULO 5 Planeamento das Acessibilidades Pedonais	43
CAPÍTULO 6 Casos de estudo	61
CAPÍTULO 7 Considerações Finais.....	163
Referências Bibliográficas	167
Anexos	171

RESUMO

O presente documento procura sintetizar as atividades desenvolvidas durante o período de estágio curricular realizado na Câmara Municipal do Porto, sob o pretexto de consubstanciar o conhecimento e a experiência adquirida. Na realidade, os contactos e o acompanhamento diário de situações de índole eminentemente prática contribuem para a abertura e compreensão de novas temáticas, criando um clima favorável de estímulo e motivação.

Neste contexto, o trabalho desenvolvido aborda quatro casos de estudo, todos eles centrados em intervenções na via pública e que contemplam ações tão abrangentes na área da requalificação urbana, como a pavimentação, caracterização de solos, infraestruturas hidráulicas e elétricas, sem descurar os conceitos sobre acessibilidades pedonais e de sinalização. Ainda no domínio das exigências da qualidade estrutural dos pavimentos, os trabalhos implementados tiveram sempre em consideração as regras definidas de construção e de compactação.

Do ponto de vista do apoio laboratorial realizou-se a identificação e caracterização dos solos pertencentes às camadas do pavimento para o primeiro caso de estudo, com recurso ao laboratório de materiais de construção do ISEP, tendo sido para o efeito efetuados vários ensaios com amostras recolhidas em obra. Na análise dos resultados obtidos estabeleceu-se a comparação com os requisitos definidos nas Condições Técnicas Gerais e com a ficha técnica fornecida pela entidade adjudicatária, de modo a aferir a sua conformidade.

Por último, os conceitos e procedimentos frequentemente invocados neste relatório baseiam-se na documentação e pesquisa bibliográfica existente sobre os temas. Através da solidez destes elementos teóricos tornou-se possível recolher a informação e um conjunto de valores de referência conducentes à compreensão e resolução dos casos de estudo descritos.

Palavras-chave: Pavimentos rodoviários e pedonais, Requalificação urbana, Acessibilidades, Via pública, Beneficiação, Conservação, Camadas granulares, Pavimentação, Porto

ABSTRACT

The present document aims to summarize the activities performed during the curricular internship at Câmara Municipal do Porto, in order to strengthen the knowledge and experience acquired. In fact, the contact and the daily monitoring of situations with an eminently practical nature contribute to the development and comprehension of new topics, thus creating a favourable environment of stimulus and motivation.

Within this context, the work developed builds upon four case studies, all of them focused on public road interventions that address extensive actions in the area of urban requalification, such as paving, soils characterization, hydraulic and electric infrastructures, not neglecting the concepts in regards to pedestrian accessibilities and signage. Still on the domain of structural quality pavements' demands, the implemented jobs have always considered the established rules of construction and compaction.

From the laboratory support point of view, the soils belonging to the pavement layers were identified and characterized for the first case study, resorting to ISEP's construction materials' laboratory, having been made several experiments with samples collected on the field. In the results' analysis it was established the comparison to the General Technical Conditions requirements and to the technical file given by the contracting entity, in order to assess its compliance.

Finally, the concepts and procedures frequently mentioned in this report come from the existent documentation and bibliographic research about the topics. Through the solid argumentation of these theoretical elements, it became possible to collect the information and a bundle of reference values that led to the comprehension and resolution of the case studies described.

Keywords: Road and pedestrian pavements, Urban requalification, Accessibilities, Public road, improvements, Conservation, Granular layers, Paving, Oporto

AGRADECIMENTOS

Para todos que deram o melhor de si para a concretização deste relatório de estágio dirijo desde já, uma palavra de estima e de reconhecimento. O privilégio de contar com o vosso saber e experiência são o motivo mais que suficiente para expressar o meu sentido de gratidão.

Quero, por isso, começar por agradecer ao Engenheiro Tiago Domingues, na qualidade de orientador do estágio, a prestável colaboração, contributo, ensinamentos e objetividade dedicada à condução deste trabalho.

Manifestar um profundo agradecimento à Câmara Municipal do Porto, entidade acolhedora do estágio, em especial à Divisão Municipal de Obras, Sinalização e Iluminação Pública e personificada justamente no Eng^o.Emídio Ferreira, Eng^o.João Raínho, Eng^a.Catarina Santos e Eng^o.Fernando Santos, o apreço pela receptividade e oportunidade concedida na realização do estágio. Realçar ainda o apoio cordial e profissional de toda a sua equipa de técnicos e de fiscalização.

Agradecer, igualmente, à Eng^a.Fátima Silva e ao Eng^o.José Freitas a disponibilidade e a qualidade dos seus contributos prestados no laboratório de materiais de construção do ISEP.

Deixar uma palavra amiga aos colegas de curso que comigo partilharam momentos de companheirismo e de permuta de conhecimentos ao longo de todo o percurso académico.

À minha família e amigos, o respeito pelo seu incondicional apoio e incentivo dedicado.

Muito Obrigado.

ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento Temático	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura do Relatório	3
CAPÍTULO 2	Enquadramento da Entidade de Estágio.....	5
2.1	Descrição da Empresa.....	5
2.2	Áreas de Intervenção	6
2.3	Estrutura Organizacional	8
CAPÍTULO 3	Compactação de Solos	11
3.1	Curvas de Compactação.....	12
3.2	Efeito da Energia de Compactação	15
3.3	Resistência ao Corte de Solos Compactados	16
3.4	Equipamentos de Compactação	18
CAPÍTULO 4	Pavimentos Rodoviários e Pedonais	25
4.1	Tipologias de Pavimentos Rodoviários	25
4.1.1	Pavimentos Flexíveis.....	26
4.1.2	Pavimentos Semirrígidos	28
4.1.3	Pavimentos Rígidos.....	28
4.2	Fundação de Pavimentos.....	29
4.3	Patologias dos Pavimentos Rodoviários	31
4.3.1	Degradações dos Pavimentos Flexíveis	31

ÍNDICE DE TEXTO

4.3.2	Degradações dos Pavimentos Semirrígidos.....	36
4.3.3	Degradações dos Pavimentos Rígidos	37
4.4	Tipologias dos Pavimentos Pedonais	38
4.4.1	Pavimentos em Betão.....	39
4.4.2	Passeios em Pedra	40
4.4.3	Passeios em Materiais Betuminosos	41
4.4.4	Passeios em Blocos de Cerâmica	41
4.4.5	Pavimento Tátil	42
CAPÍTULO 5	Planeamento das Acessibilidades Pedonais.....	43
5.1	Espaço Vital para o Peão.....	44
5.2	Espaços para Circulação dos Peões.....	44
5.3	Travessias Pedonais	45
5.3.1	Implantação	45
5.3.2	Drenagem	47
5.3.3	Pavimento na Faixa de Rodagem.....	47
5.3.4	Marcas Rodoviárias.....	48
5.3.5	Sinalização Vertical	49
5.3.6	Ressalto Zero	49
5.3.7	Área de Proteção	53
5.4	Obstáculos Físicos	54
5.5	Soluções de Apoio ao Peão	55
5.5.1	Redução dos Raios de Curvatura	55
5.5.2	Refúgio para Peões	56
5.6	Desníveis na Rede Pedonal	58
5.6.1	Rampas na Via Pública	58
5.6.2	Escadarias na Via Pública	59
CAPÍTULO 6	Casos de estudo	61

6.1	Remodelação das Infraestruturas Hidráulicas na Rua do Loureiro e na Rua Chã	61
6.1.1	Introdução	61
6.1.2	Enquadramento do Local da Obra.....	63
6.1.3	Descrição dos Trabalhos e Equipamentos Usados em Obra	66
6.1.4	Metodologia dos Ensaios.....	77
6.1.5	Análise Conclusiva	103
6.2	Instalação Subterrânea da Rede de Alta Tensão (LN60 KV) na Rua Cardeal Dom Américo, Rua de Santos Pousada e Rua da Firmeza	104
6.2.1	Introdução	104
6.2.2	Enquadramento do Local da Obra.....	107
6.2.3	Sondagens Realizadas na Rua de Santos Pousada	110
6.2.4	Descrição dos Trabalhos e Equipamentos Usados em Obra	111
6.2.5	Análise Conclusiva	123
6.3	Pavimentação da Rua São Roque da Lameira e Travessias na Avenida 25 de Abril	124
6.3.1	Introdução	124
6.3.2	Enquadramento do Local da Obra.....	125
6.3.3	Descrição do Pavimento Existente	126
6.3.4	Descrição dos Trabalhos e Equipamentos Usados em Obra	127
6.3.5	Enquadramento Regulamentar da Mistura.....	137
6.3.6	Mapa de Equipamentos.....	138
6.3.7	Análise Conclusiva	139
6.4	Requalificação Urbana na Rua do Morgado de Mateus e na Rua do Barão de São Cosme	140
6.4.1	Introdução	140
6.4.2	Enquadramento do Local da Obra.....	141
6.4.3	Levantamento Topográfico	144
6.4.4	Obstáculos Físicos à Acessibilidade Pedonal	144
6.4.5	Características Geométricas do Traçado	145

ÍNDICE DE TEXTO

6.4.6	Condições de Acessibilidade Pedonal.....	147
6.4.7	Descrição dos Trabalhos e Equipamentos usados em Obra.....	150
6.4.8	Análise Conclusiva	157
6.5	Obras no Município do Porto Decorridas Durante o Período de Estágio	158
CAPÍTULO 7	Considerações Finais	163
7.1	Conclusões	163
7.2	Desenvolvimentos Futuros	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Edifício Paços do Concelho (fonte: CMP, 2014).	5
Figura 2.2 – Logotipos da Câmara Municipal do Porto (fonte: CMP, 2014).....	6
Figura 2.3 – Organograma do Departamento Municipal de Mobilidade e Gestão da Via Pública.	9
Figura 2.4 – Estaleiro do Monte Aventino.....	10
Figura 3.1 – Solo não compactado e compactado (fonte: Domingues, 2016).	11
Figura 3.2 – Curva de compactação e de saturação de um solo (fonte: Santos, 2008).	12
Figura 3.3 – Curvas de compactação de três solos de fração fina (fonte: Domingues, 2016).	14
Figura 3.4 – Efeito da energia de compactação de um dado solo (fonte: Domingues, 2016).	15
Figura 3.5 – Camião cisterna (fonte: Canelas, 2010).....	17
Figura 3.6 – Esquema de funcionamento da misturadora de cal ou cimento no solo (fonte: Domingues, 2016).	18
Figura 3.7 – Equipamento estabilizador: misturador de solo (fonte: Domingues, 2016).	18
Figura 3.8 – Cilindro de pés de carneiro.....	20
Figura 3.9 – Cilindro de pneus.....	20
Figura 3.10 – Cilindro de rolos lisos vibradores.	21
Figura 3.11 – Rolo de impacto (fonte: Domingues, 2016).	22
Figura 3.12 – Compactador de percussão ligeiro (saltitão).....	22
Figura 3.13 – Cilindro apeado.	23
Figura 3.14 – Representação esquemática de equipamentos e de materiais (fonte: Ribeiro, 2008).....	23
Figura 4.1 – Constituição do pavimento flexível (fonte: Adaptado de Khan, 2016).	27
Figura 4.2 – Distribuição de tensões nos pavimentos flexíveis (fonte: Jacob, 2017).....	27
Figura 4.3 – Constituição do pavimento rígido (fonte: Adaptado de Khan, 2016).	29

Figura 4.4 – Distribuição de tensões nos pavimentos rígidos (fonte: Jacob, 2017).....	29
Figura 4.5 – Sequência e interação das patologias (fonte: Adaptado de Branco et al., 2008).	31
Figura 4.6 – Abatimento do pavimento (fonte: Jacob, 2017).....	32
Figura 4.7 – Representação esquemática das rodeiras (fonte: Santucci, 2001).	33
Figura 4.8 – Fendilhamento em camadas constituídas por misturas betuminosas.....	34
Figura 4.9 – Desagregação da camada de desgaste.....	35
Figura 4.10 – Movimento dos materiais (fonte: Jacob, 2017).....	36
Figura 4.11 – Degradações em pavimentos rígidos (fonte: EP, 2008).....	38
Figura 4.12 – Pavimentos em betão.....	40
Figura 4.13 – Passeios em pedra.	41
Figura 4.14 – Passeio em material betuminoso.	41
Figura 4.15 – Piso tátil.....	42
Figura 5.1 – Larguras mínimas necessárias para a circulação (fonte: Seco et al., 2008).....	44
Figura 5.2 – Marcas rodoviárias (fonte: CML, 2012).	48
Figura 5.3 – Sinal de perigo e sinal de informação (fonte: CML, 2012).....	49
Figura 5.4 – Passagem de peões sobrelevada (fonte: CML, 2012).....	51
Figura 5.5 – Tipologia de rebaixamento parcial do passeio (fonte: CML, 2012).	52
Figura 5.6 – Rebaixamento total do pavimento (fonte: CML, 2012).....	52
Figura 5.7 – Componentes da área de proteção no passeio (fonte: CML, 2012).....	53
Figura 5.8 – Elementos de separação.....	54
Figura 5.9 – Marco de incêndio mal posicionado.....	55
Figura 5.10 – Alargamento de passeios em cruzamentos (fonte: Seco et al., 2008).	56
Figura 5.11 – Refúgio para peões (fonte: CML, 2012).....	57
Figura 5.12 – Rampas na via pública (fonte: INR, 2006).....	59
Figura 5.13 – Escadaria na via pública (fonte: INR, 2006).	60
Figura 6.1 – Pavimento existente ao longo do arruamento.....	62
Figura 6.2 – Extensão total de obra na rua do Loureiro e na rua Chã (fonte: Google Earth, 2017).....	63

Figura 6.3 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).....	64
Figura 6.4 – Planta da carta de qualificação do solo (fonte: CMP, 2017).	65
Figura 6.5 – Planta da carta de património (fonte: CMP, 2012b).	65
Figura 6.6 – Medidas de proteção e de sinalização.	66
Figura 6.7 – Requalificação das redes hidráulicas.....	67
Figura 6.8 – Infraestruturas existentes.	67
Figura 6.9 – Processo de montagem da caixa de águas residuais.	69
Figura 6.10 – Processo de montagem da caixa de águas pluviais.....	69
Figura 6.11 – Camada de sub-base e base sobre o leito pavimento.....	70
Figura 6.12 – Trabalhos de demolição.	70
Figura 6.13 – Escavação ao longo do arruamento.	71
Figura 6.14 – Implantação do lajeado em granito.	72
Figura 6.15 – Condicionantes da obra.....	73
Figura 6.16 – Implantação de cubos de granito.	74
Figura 6.17 – Pormenor da vala na rua do Loureiro.....	74
Figura 6.18 – Fundação para o pavimento em lajeado de granito.	75
Figura 6.19 – Execução de passeios em betão liso.....	76
Figura 6.20 – Área intervencionada concluída.....	76
Figura 6.21 – Percentagem dos trabalhos por semana.....	77
Figura 6.22 – Métodos de aplicação das fontes radioativas (fonte: Domingues, 2016).....	78
Figura 6.23 – Camada de base compactada.....	79
Figura 6.24 – Método de transmissão direta.	79
Figura 6.25 – Representação gráfica do número de ensaios por profundidade.....	80
Figura 6.26 – Histograma do grau de compactação.....	83
Figura 6.27 – Histograma do teor em água.....	83
Figura 6.28 – Histograma da densidade seca.....	84
Figura 6.29 – Teor de humidade em função da baridade seca.	85

Figura 6.30 – Teor de humidade em função do grau de compactação.....	85
Figura 6.31 – Ensaio da análise granulométrica.	87
Figura 6.32 – Curvas granulométricas.	91
Figura 6.33 – Ensaio micro-Deval.	95
Figura 6.34 – Pesagem da amostra.	97
Figura 6.35 – Ensaio de Los Angeles.	97
Figura 6.36 – Ensaio do índice de achatamento.....	99
Figura 6.37 – Ensaio do índice de forma.	102
Figura 6.38 – Trajeto do circuito elétrico AT.	105
Figura 6.39 – Fluxo energético entre a central de produção e os consumidores (fonte: EDP, 2017).....	106
Figura 6.40 – Extensão da obra nas ruas Cardeal Dom Américo, Santos Pousada e Firmeza (fonte: Google Earth, 2017).....	107
Figura 6.41 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).	108
Figura 6.42 – Planta da carta de qualificação do solo (fonte: CMP, 2017).	109
Figura 6.43 – Planta da carta de património (fonte: CMP, 2012b).	109
Figura 6.44 – Sondagens ao subsolo.	110
Figura 6.45 – Afastamento horizontal da vala à guia do passeio.	111
Figura 6.46 – Sinalização da obra.	111
Figura 6.47 – Implementação de meios de segurança.....	112
Figura 6.48 – Escavação mecânica.	113
Figura 6.49 – Constituição do cabo LXHIOLE 1x630/135 mm ²	113
Figura 6.50 – Tipologias usadas nas infraestruturas elétricas (fonte: Serôdio, 2009).	114
Figura 6.51 – Aterro da vala na rua de Santos de Pousada.....	115
Figura 6.52 – Passagem das cordas nos tubos.	116
Figura 6.53 – Posicionamento de equipamentos.....	117
Figura 6.54 – Roletes de apoio na vala.....	117
Figura 6.55 – Instalação de cabos.....	118

Figura 6.56 – Fase de aterro na rua Cardeal Dom Américo.	119
Figura 6.57 – Passeio em betonilha.....	121
Figura 6.58 – Pavimento da faixa de rodagem.....	122
Figura 6.59 – Fase de pavimentação.....	123
Figura 6.60 – Extensão total de obra na rua São Roque da Lameira (fonte: Google Earth, 2017).	125
Figura 6.61 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).	126
Figura 6.62 – Patologias superficiais no pavimento.....	127
Figura 6.63 – Sinalização de segurança da obra.....	128
Figura 6.64 – Equipamento de fresagem.	129
Figura 6.65 – Operação de fresagem.	130
Figura 6.66 – Regularização do pavimento fresado.....	130
Figura 6.67 – Rega de colagem.....	131
Figura 6.68 – Processo de pavimentação.....	132
Figura 6.69 – Situações de controlo na obra.....	133
Figura 6.70 – Processo de compactação.	134
Figura 6.71 – Placa vibratória.....	135
Figura 6.72 – Limpeza e acabamentos.	136
Figura 6.73 – Marcas rodoviárias.	137
Figura 6.74 – Extensão total de obra nas ruas do Morgado de Mateus e na rua do Barão de São Cosme (fonte: Google Earth, 2017).	141
Figura 6.75 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).	142
Figura 6.76 – Planta da carta de qualificação do solo (fonte: CMP, 2017).	143
Figura 6.77 – Extrato da carta geotécnica do Porto.....	144
Figura 6.78 – Obstáculos anteriores à obra (fonte: Google Maps, 2014).	145
Figura 6.79 – Perfis transversais tipo.	147
Figura 6.80 – Beneficiação da rede pedonal.	148
Figura 6.81 – Travessias pedonais.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6.82 – Sinalização da obra.	150
Figura 6.83 – Redes hidráulicas.	152
Figura 6.84 – Rede elétrica de baixa tensão.	152
Figura 6.85 – Instalação do citytainer.	153
Figura 6.86 – Pormenores do pavimento.	154
Figura 6.87 – Pormenores dos lancis de granito.	155
Figura 6.88 – Pavimentação do arruamento.	155
Figura 6.89 – Pormenores das marcas rodoviárias.	156
Figura 6.90 – Vista final da intervenção.	157
Figura 6.91 – Obras da GOP na cidade do Porto.	160
Figura 6.92 – Obras de ocupação do subsolo.	161
Figura 6.93 – Obras decorrentes de avarias comunicadas.	162

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Classificação dos solos arenosos quanto à compactidade (fonte: Fernandes, 2012).....	15
Tabela 5.1 – Largura mínima admissível de passeios (fonte: Adaptado de Seco et al., 2008).	45
Tabela 5.2 – Dimensões do degrau da escada.	60
Tabela 6.1 – Caracterização das redes hidráulicas.....	63
Tabela 6.2 – Dados estatísticos da primeira série de ensaios.....	81
Tabela 6.3 – Dados estatísticos da segunda série de ensaios.....	82
Tabela 6.4 – Ensaio realizados para os dois tipos de ABGE.....	86
Tabela 6.5 – Valor-resumo dos ensaios.....	88
Tabela 6.6 – Resultados obtidos na camada de leito do pavimento.	89
Tabela 6.7 – Resultados obtidos na camada de base/sub-base.....	90
Tabela 6.8 – Requisitos gerais para a granulometria (fonte: Quadro 2, NP EN 13242).....	92
Tabela 6.9 – Categorias para os valores máximos do teor de finos (fonte: Quadro 8, NP EN 13242).....	93
Tabela 6.10 – Tolerâncias da granulometria típica (fonte: Quadro 4, NP EN 13242).	94
Tabela 6.11 – Categorias para os valores máximos do coeficiente M_{DE} (fonte: Quadro 11, NP EN 13242).	96
Tabela 6.12 – Categorias para os valores máximos do coeficiente LA (fonte: Quadro 9, NP EN 13242). .	98
Tabela 6.13 – Determinação do índice de achatamento.	99
Tabela 6.14 – Categorias para os valores máximos do FI (fonte: Quadro 5, NP EN 13242).	100
Tabela 6.15 – Determinação do índice de forma, SI.	101
Tabela 6.16 – Categorias para os valores máximos do SI (fonte: Quadro 6, NP EN 13242).	102
Tabela 6.17 – Mapa de equipamentos mecânicos.....	138
Tabela 6.18 – Mapa de equipamentos manuais.	139

ABREVIATURAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials

ABGE – Agregado Britado de Granulometria Extensa

AT – Alta Tensão

BI – Business Intelligence

CMP – Câmara Municipal do Porto

CRMP – Código Regulamentar do Município do Porto

CTG – Condições Técnicas Gerais

DL – Decreto-Lei

DMGMT – Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego

DMGOEP – Divisão Municipal de Gestão da Ocupação do Espaço Público

DMMGVP – Departamento Municipal de Mobilidade e Gestão da Via Pública

DMOSIP – Divisão Municipal de Obras, Sinalização e Iluminação Pública

DMPMT – Divisão Municipal de Planeamento da Mobilidade e Transportes

E.M. – Empresa Municipal

EDP – Energias de Portugal

EN – Norma Europeia

FFD – Ferro Fundido Dúctil

GC – Grau de Compactação

GOP – Gestão e Obras do Porto

GPIVP – Gabinete de Projetos de Intervenção na Via Pública

ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto

LMC – Laboratório de Materiais de Construção

ABREVIATURAS

LP – Leito do Pavimento

NP – Norma Portuguesa

PDM – Plano Diretor Municipal

PSS – Plano de Segurança e Saúde

PVC – Policloreto de Vinil

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

STCP – Sociedade de Transportes Coletivos do Porto

TP – Transporte Público

w – Teor em Água

γ_d – Peso Volúmico Seco

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO TEMÁTICO

O alargamento intensivo das redes rodoviárias agrega irrefutavelmente um dos objetivos políticos mais marcantes das últimas décadas e reflete, sem dúvida, um sinal muito significativo do desenvolvimento económico e social dos nossos dias.

Por esta razão, a construção de novas infraestruturas deixou de ser atualmente uma prioridade, pelo que a orientação estratégica se volta agora para intervenções no campo da conservação e da reabilitação das redes viárias e pedonais existentes, nomeadamente com incidência direta sobre os pavimentos, redes hidráulicas, elétricas e de telecomunicações, bem como para as acessibilidades e a geotecnia.

Com efeito, as condições funcionais e estruturais dos pavimentos da via pública vão-se deteriorando ao longo da sua vida útil, tornando-se necessário privilegiar a aplicação, no tempo certo, de medidas do foro curativo e de manutenção para conter investimentos futuros de grande dimensão, indispensáveis à reposição das normais condições de funcionamento, conforto e segurança.

Nesta perspetiva, a Câmara Municipal do Porto (CMP) tem vindo a implementar estratégias integradas na melhoria das condições gerais da via pública e da mobilidade, que visam a segurança rodoviária, a promoção do transporte público e a beneficiação do pavimento rodoviário e pedonal de vias estruturantes que envolvem um peso considerável dos recursos técnicos, humanos, materiais e financeiros da autarquia. Além das obras de maior envergadura, o município do Porto vem usufruindo de trabalhos pontuais de forma a corrigir vulnerabilidades de vária ordem, através da aplicação das seguintes medidas: promoção de melhores interfaces rodoviários, criação de zonas de estacionamento, diminuição do tempo de percurso do transporte público e criação de ciclovias para incentivar o uso de velocípedes.

Todos os planos atuais de intervenção nas infraestruturas rodoviárias prosseguem a estratégia de sustentabilidade desenhada para a cidade, que preconiza um futuro sustentável focado na melhoria das áreas ambiental, económica e social.

1.2 OBJETIVOS

O estágio curricular inserido na Divisão Municipal de Obras, Sinalização e Iluminação Pública (DMOSIP) pretende fundamentalmente lidar com um conjunto de experiências em regime de obra, designadamente no plano da interpretação e implementação de projetos, na coordenação e fiscalização de obras na via pública, verificando a sua conformidade com as Condições Técnicas Gerais (CTG) e a de mais regulamentação em vigor.

Nesta medida, a vivência de situações em ambiente empresarial procura alargar e consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo do percurso académico, conciliando a vertente formativa com as soluções práticas operacionais de campo que, no caso concreto, envolvem a gestão técnica de obras de conservação e reabilitação de infraestruturas, as acessibilidades na via pública, técnicas de compactação e seleção dos materiais e equipamentos. Na verdade, o contacto com situações reais em plena obra torna-se uma mais valia para a tomada sustentada de decisões no futuro próximo.

Os objetivos que aparecem vertidos no presente relatório prosseguem, em linhas gerais, aqueles que de alguma forma estão evidenciados na atividade da DMOSIP, tais como, o estudo de análise de projetos de requalificação e manutenção da via pública, coordenação de obras de pequena e grande dimensão, gestão e acompanhamento de empreitadas e intervenção na área da fiscalização.

1.3 METODOLOGIA

A abordagem descrita no presente relatório debruça-se objetivamente sobre as áreas mais marcantes da conservação e reabilitação de pavimentos, das acessibilidades nos percursos pedonais e das infraestruturas hidráulicas e elétricas, alavancada em quatro casos práticos de estudo que correspondem a obras recentemente concluídas na cidade do Porto.

O ponto de partida para a elaboração do relatório teve por base o planeamento de trabalhos em curso na DMOSIP, que tivessem uma linha condutora comum quanto a objetivos, metas e processos adotados em obras inseridas em meio urbano. A avaliação incide predominantemente sobre as práticas operacionais observadas em diferentes fases das intervenções, em relação a métodos construtivos, soluções e técnicas apropriadas aos fins pretendidos, tudo isto enquadrado em documentação e bibliografia da especialidade, assim como, no cumprimento das Condições Técnicas Gerais (CTG), DL n.º 163/2006, Código Regulamentar do Município do Porto (CRMP), Plano Diretor Municipal (PDM) e outras normas legislativas em vigor.

Para além do enfoque dado aos procedimentos ditos de campo, o relatório expõe de forma não menos importante, os ensaios realizados no laboratório de materiais de construção (LMC) do ISEP relativamente às amostras de solos recolhidas em obra, cuja análise dos resultados contribuiu para aferir a conformidade

dos materiais constituintes dos solos em estudo, no sentido de garantir a capacidade estrutural exigida aos pavimentos.

O documento reporta ainda a classificação dos arruamentos citados nos casos de estudo, segundo o regulamento e a planta de ordenamento constantes no PDM do Porto. Este enquadramento sobre a localização das obras permite hierarquizar a rede rodoviária, qualificar a ocupação do solo e identificar o sistema patrimonial.

1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Além deste capítulo introdutório, Capítulo 1, que faz a apresentação do cômputo geral do trabalho realizado, o presente relatório encontra-se organizado em mais seis capítulos, concertados entre si, de forma a descrever o conjunto de conteúdos abordados nos casos em estudo.

O Capítulo 2 refere-se à entidade acolhedora do estágio, CMP, com ênfase para a descrição, áreas de atuação e para a estrutura organizacional da empresa, bem como para as competências acometidas à DMOSIP.

O Capítulo 3 apresenta a influência do processo de compactação em diferentes solos, o tratamento a que são submetidos consoante a sua finalidade e a tipologia dos equipamentos usados.

O Capítulo 4 aborda a tipologia dos pavimentos rodoviários e pedonais, com particular relevância para a constituição da sua estrutura e das patologias inerentes à rede viária.

O Capítulo 5 desenvolve as especificações das acessibilidades pedonais em meio urbano, em consonância com o DL n.º 163/2006.

O Capítulo 6, tema central do relatório, descreve os casos de estudo relativos à execução de obras sob coordenação e fiscalização do município do Porto. Regista ainda a análise de projetos, levantamento das condições de acessibilidade e os ensaios aos solos granulares realizados, quer no local quer em laboratório.

No que respeita ao Capítulo 7, estão refletidas em termos resumidos, as principais considerações finais e sugestões dedicadas a trabalhos análogos.

CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO DA ENTIDADE DE ESTÁGIO

2.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

O estágio para satisfação parcial dos requisitos do grau de mestre em engenharia civil, ramo de infraestruturas, realizou-se na Câmara Municipal do Porto, sito na Praça General Humberto Delgado, Figura 2.1 , que tem a missão de definir e executar as políticas de defesa dos interesses e satisfação das necessidades e expetativas dos cidadãos do concelho do Porto, sem descurar a sua interação com projetos de natureza intermunicipal ou de orientação nacional.



Figura 2.1 – Edifício Paços do Concelho (fonte: CMP, 2014).

No âmbito das competências que lhe estão atribuídas, nomeadamente em promover o bem-estar e conforto dos cidadãos, o desenvolvimento económico e cultural, fomentar a competitividade económica e a sustentabilidade da cidade, é no reconhecimento da coesão social que a autarquia afirma a sua política de gestão, materializada no seguinte:

- Proporcionar um serviço público de elevada qualidade para a cidade do Porto, munícipes e partes interessadas, assegurando uma resposta eficaz e eficiente às suas exigências e expetativas, cumprindo as disposições legislativas e regulamentares aplicáveis às atividades desenvolvidas, monitorização e desenvolvimento em vários domínios das suas atividades e na modernização e melhoria contínua do sistema de gestão, simplificando o diálogo entre os serviços e os cidadãos;

- Investir no desenvolvimento de práticas de gestão de recursos humanos que visem a adequação dos seus trabalhadores à prossecução dos objetivos estratégicos da autarquia;
- Dinamizar práticas de segurança e saúde que permitam a prevenção da ocorrência de incidentes, evitando danos para a saúde dos colaboradores;
- Promover a gestão racional e o uso sustentável de recursos, potenciando a redução dos consumos e a utilização de energias renováveis, como forma de proteger o ambiente e contribuir para o equilíbrio futuro da humanidade;
- Assegurar uma resposta integrada eficaz a incidentes, através do sistema de gestão de emergências, com o objetivo de proteger os cidadãos e garantir a continuidade das funções sociais essenciais.

O concelho do Porto é constituído por sete freguesias, sendo três delas “Uniões” de freguesias, resultantes da reforma administrativa concretizada em 2013, a saber: Bonfim, Campanhã, Paranhos, Ramalde, União das Freguesias de Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde, União das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória e União das Freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos.

Na Figura 2.2 estão ilustradas duas versões de logótipos correntemente usados pela CMP.



Figura 2.2 – Logótipos da Câmara Municipal do Porto (fonte: CMP, 2014).

2.2 ÁREAS DE INTERVENÇÃO

No plano estritamente do foro interventivo, o município desenvolve várias estratégias integradas em diversas áreas, a saber: ambiente, cultura, educação, economia, habitação, social, segurança, urbanismo, património e mobilidade.

Porém, sendo o estágio proporcionado pela CMP dedicado exclusivamente à via pública e ancorado em casos eminentemente práticos, importa distinguir aquelas estratégias que a propósito aparecem interligadas com os casos de estudo analisados e que de alguma maneira lhes servem de sustentação.

Ambiente

- Corresponder aos desafios mais prementes da sustentabilidade ambiental, económica e social;
- Dar continuidade a programas de recuperação de passivos ambientais, de que são exemplo o desentubamento de linhas de água, a requalificação dos ecossistemas ribeirinhos, a proteção na área do ruído e da qualidade do ar;
- Combater as alterações climáticas, complementando os compromissos já assumidos com vista à redução das emissões de CO2 em 45 %, (entre 2004 e 2020);
- Ser referência no campo da revolução energética, ao nível da mobilidade elétrica, do edificado e de parques municipais energeticamente eficientes.

Urbanismo

O Porto confronta-se com a necessidade de reabilitar grande parte do seu tecido urbano, criando deste modo condições para a fixação de população jovem e para a atração de novas empresas. Enfrenta desequilíbrios territoriais importantes, particularmente visíveis na debilidade dos indicadores socioeconómicos de grande parte da sua zona oriental. De modo a superar estes desafios, a estratégia do Porto no domínio do urbanismo baseia-se em três pilares, nomeadamente:

- A sustentabilidade do desenvolvimento urbano, materializada na opção prioritária pela reabilitação urbana e pela colmatação dos espaços sobrantes, em detrimento de novas áreas de expansão;
- O respeito pelas identidades locais, de modo a conciliar desenvolvimento económico, criatividade e valorização do património histórico e cultural;
- A coesão sócio territorial, centrada na redução das disparidades de qualidade de vida e de bem-estar dos cidadãos e na regeneração das zonas mais estigmatizadas da cidade.

A área do urbanismo rege-se pelo PDM, que é um instrumento fundamental na gestão municipal, na definição da estratégia de desenvolvimento e no modelo territorial, funcionando ainda como diretriz para as opções quanto à localização de equipamentos e de infraestruturas.

Mobilidade

O município do Porto tem vindo a contribuir para a gestão integrada da mobilidade na cidade. É disso exemplo a elaboração e execução de estudos de mobilidade, que promovem o maior uso do transporte coletivo, melhoram as condições do espaço público e, em simultâneo, as condições para a deslocação pedonal e ciclável.

Paralelamente, ao nível da gestão do estacionamento têm sido privilegiadas políticas de estacionamento pago, de gestão de parques de estacionamento e de restrição no acesso ao centro histórico. Outra vertente atualmente considerada, passa pela aplicação de medidas para atender às necessidades dos cidadãos de mobilidade reduzida.

2.3 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Para otimização do funcionamento do município do Porto, a CMP presidida pelo Dr. Rui Moreira desde 2013 e reeleito no escrutínio do ano em curso, subdivide-se em várias unidades orgânicas, compreendendo direções, departamentos e divisões municipais. O Anexo I representa o organograma atualmente implementado na autarquia.

No âmbito da distribuição de pelouros, o órgão que tem a incumbência da gestão e execução das políticas da mobilidade é o Departamento Municipal de Mobilidade e Gestão da Via Pública (DMMGVP). Na realidade, a este departamento estão atribuídas as funções relativas à construção e manutenção dos arruamentos, à coordenação de todas as intervenções na via pública, ao ordenamento do trânsito e transportes e à mobilidade na cidade do Porto.

As competências desta direção assentam, no que diz respeito à construção e manutenção de arruamentos, em privilegiar a coordenação das intervenções em novos arruamentos, bem como a renovação dos existentes em estrita colaboração com as diretrizes da Divisão Municipal de Planeamento e Ordenamento do Território (DMPOT), além de gerir a manutenção de arruamentos e infraestruturas de forma economicamente equilibrada e racional, procurando viabilizar o prolongamento da sua vida útil.

No que concerne à componente da mobilidade, o seu trabalho é orientado para a gestão corrente da ocupação e circulação na via pública, dedicando-se prioritariamente ao acompanhamento e desenvolvimento dos grandes projetos de mobilidade urbana em coordenação com diversos agentes que operam nesta área, promovendo a sustentabilidade das intervenções e gerando ainda um sistema de transportes equilibrado.

Para a prossecução dos objetivos atrás discriminados, a DMMGVP reparte-se por cinco unidades orgânicas, Figura 2.3, que funcionam em plena interdependência, a saber:

- Divisão Municipal de Planeamento da Mobilidade e Transportes (DMPMT);
- Divisão Municipal de Gestão da Mobilidade e Tráfego (DMGMT);
- Divisão Municipal de Obras, Sinalização e Iluminação Pública (DMOSIP);
- Divisão Municipal de Gestão da Ocupação do Espaço Público (DMGOEP);
- Gabinete de Projetos de Intervenção na Via Pública (GPIVP).

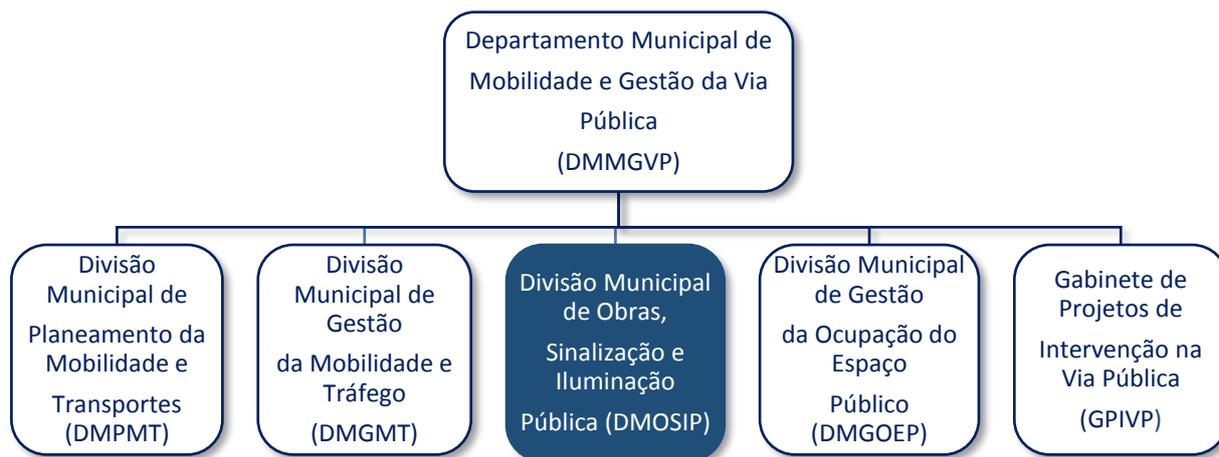


Figura 2.3 – Organograma do Departamento Municipal de Mobilidade e Gestão da Via Pública.

O estágio decorreu na Divisão Municipal de Obras, Sinalização e Iluminação Pública (DMOSIP), que está estruturalmente organizada de forma a responder às exigências que lhe são solicitadas. Os processos são distribuídos equitativamente em função dos recursos existentes e as tarefas são partilhadas por todos os gestores de processos de forma transversal. As suas principais competências são as seguintes:

- Verificar a conformidade de execução das obras de infraestruturas viárias e sinalização realizadas no âmbito do licenciamento de operações urbanísticas;
- Acompanhar a execução e verificar a conformidade das obras na via pública;
- Executar por administração direta obras de requalificação e de manutenção da via pública;
- Assegurar a instalação e manutenção da sinalização e equipamentos de trânsito;
- Responder de imediato a avarias ou incidentes na via pública;
- Operacionalizar e acompanhar a colocação de sinalização de condicionamentos de trânsito e respetivos desvios de forma a garantir a segurança rodoviária;
- Acompanhar e verificar a conformidade da execução de obras de sinalização horizontal, vertical e luminosa;

CAPÍTULO 2

- Gerir os contratos de fornecimento e de prestação de serviços;
- Apreciar os processos de iluminação cénica e decorativa;
- Gerir o contrato de concessão da iluminação pública;
- Assegurar a instalação e manutenção de equipamentos eletromecânicos.

Esta divisão conta ainda com dois estaleiros na sua dependência, designados por “Estaleiro do Monte Aventino” e “Estaleiro de Martins Sarmento”. O primeiro, Figura 2.4, dispõe de uma área administrativa, cantina, balneários, oficinas para prestação de serviços de serrilharia, mecânica e carpintaria e serve ainda para armazenar materiais e equipamentos usados em obra. O outro estaleiro, é usado exclusivamente para a recolha e armazenamento de materiais destinados a reaproveitamento.



Figura 2.4 – Estaleiro do Monte Aventino.

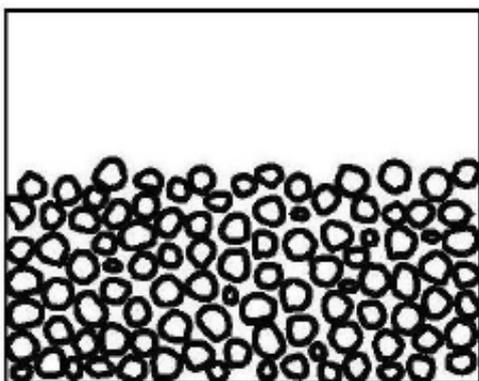
CAPÍTULO 3

COMPACTAÇÃO DE SOLOS

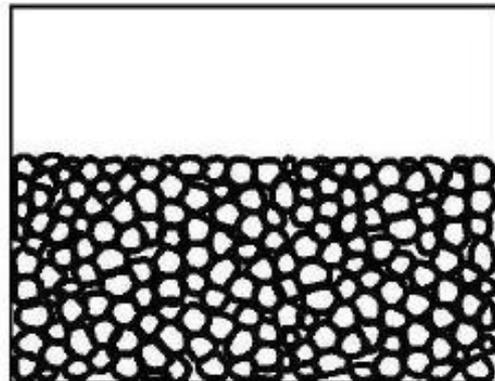
Este tema aborda a influência da compactação nas propriedades do solo, a sua importância no comportamento funcional e estrutural de um pavimento e a tipologia de equipamentos adequados em função das dimensões e características dos diferentes solos.

A compactação é um processo mecânico de aplicação repetida de cargas a uma massa de solo não saturada (fase sólida, líquida e gasosa) com o objetivo de aumentar a sua compacidade por meio da redução do volume de ar (Fernandes, 2011). Com efeito, o processo envolve uma expulsão de ar sem variação significativa da quantidade de água presente no solo, permitindo assim um melhor arranjo das partículas, Figura 3.1, com resultados diretos na melhoria das características de resistência, deformabilidade e permeabilidade, que se manifestam da seguinte forma:

- Aumento da respetiva capacidade para suportar cargas;
- Menor suscetibilidade de sofrer assentamentos (totais e diferenciais);
- Dificultar a passagem da água, tornando o solo menos permeável;
- Assegurar maior estabilidade do material em obra.



Baixo suporte de carga



Suporte de carga melhorado

Figura 3.1 – Solo não compactado e compactado (fonte: Domingues, 2016).

De reiterar a relevância do processo de compactação dos solos, como forma de evitar futuros assentamentos dos pavimentos, custos desnecessários ou mesmo a perda parcial ou total da estrutura.

Existe um outro processo de estabilização e melhoria das propriedades dos solos, designado por consolidação, que se diferencia de a compactação pelo facto do solo se apresentar saturado e a variação de volume, neste caso, ocorrer através da expulsão de água dos vazios.

3.1 CURVAS DE COMPACTAÇÃO

O processo de compactação dos solos depende essencialmente de dois fatores: a energia aplicada e o teor em água (Santos, 2008), os quais estão relacionados com as características do solo, pluviosidade ou temperaturas elevadas.

Durante o procedimento de compactação, o solo fica sujeito a diferentes condições de humidade para uma determinada energia de compactação, medindo-se os resultados através da determinação do peso volúmico seco. Assim, obtém-se uma curva de variação dos pesos específicos (γ_d) em função do teor de humidade (w), designada por curva de compactação (Figura 3.2).

Para além disso, na figura seguinte está representada também a curva de saturação, que significa que o solo apresenta um grau de saturação de 100 %, ou seja, o volume de vazios está totalmente preenchido por água. Salienta-se que esta curva é meramente teórica, pois o processo de compactação não expulsa na totalidade o ar existente nos vazios do solo.

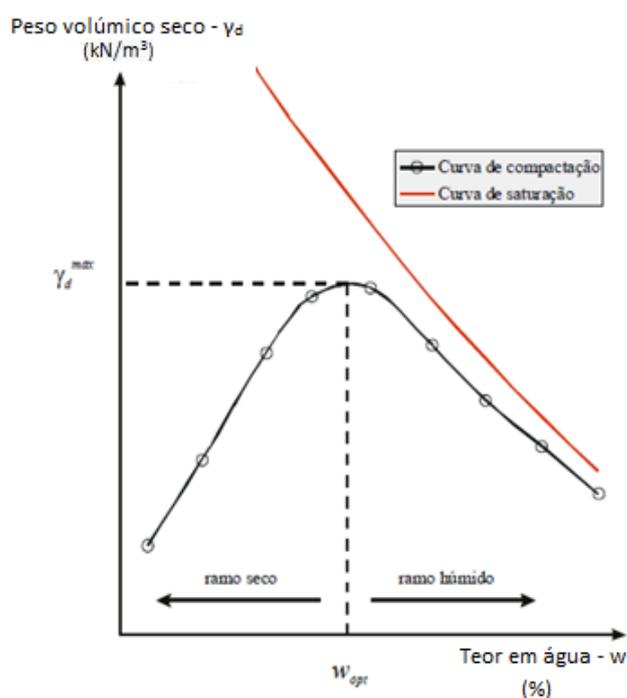


Figura 3.2 – Curva de compactação e de saturação de um solo (fonte: Santos, 2008).

Da observação deste gráfico verifica-se que existem dois valores do teor em água para o mesmo peso volúmico seco, um no ramo seco e outro no húmido da curva. A relação de $w-\gamma_d$, apresenta um valor máximo designado por peso volúmico seco máximo ($\gamma_{d,max}$), o que ocorre para o teor em água ótimo, valor esse que divide os dois ramos atrás referidos (Santos, 2008). Este ponto corresponde ao valor máximo da compactidade do solo para um determinado processo e tipo de equipamento usado.

A diferença de valores do teor em água para um mesmo ponto, conduz a diferentes comportamentos do solo na obra, devendo-se escolher o valor do teor em água mais próximo do valor ótimo, quer este esteja ao seu lado direito quer ao lado esquerdo.

Importante referir que é usual adotar-se compactação leve do lado húmido para os núcleos das barragens e compactação pesada do lado seco para os aterros de vias de comunicação. As razões principais que se compacta com energia elevada e do lado seco para as vias de comunicação são a menor compressibilidade, menor deformabilidade e as maiores resistências, diminuindo o índice de vazios.

Os fatores que influenciam a forma e a posição relativa da curva de compactação, são:

- Granulometria do solo;
- Forma e densidade das partículas sólidas;
- Quantidade e tipo de minerais de argila no solo.

A Figura 3.3 mostra as curvas de compactação de três solos com fração fina, mas de diferente plasticidade, designados de acordo com as notações da Classificação Unificada. Entre estes, constata-se que o teor em água ótimo nos solos mais grossos é, em regra, mais reduzido, o que permite obter valores mais elevados do peso volúmico seco, logo detentores de maior compactidade. Pelo contrário, o teor em água nos solos com predomínio de argila é substancialmente mais elevado, o que conduz a valores mais baixos de γ_d e exibem curvas mais abertas e por conseguinte, apresentam-se em geral menos convenientes como materiais de aterro (Domingues, 2016).

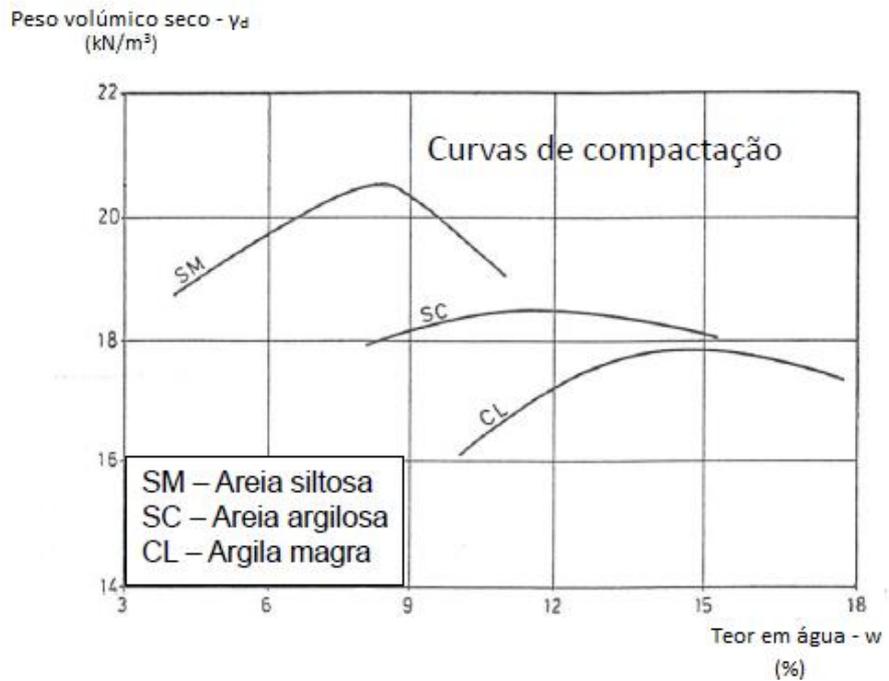


Figura 3.3 – Curvas de compactação de três solos de fração fina (fonte: Domingues, 2016).

Por sua vez, os solos granulares limpos (areias e cascalhos sem finos), pelo facto de serem bastante permeáveis, apresentam muito menor sensibilidade ao teor em água que contêm quando compactados. Por esta razão, a curva $w-\gamma_d$ com pico mais ou menos pronunciado, típica dos solos com granulometria extensa com fração fina, é mal definida ou não se verifica (Fernandes, 2011).

Nos solos bem graduados, isto é, nos solos cujas partículas têm dimensões bastante variáveis, em geral, a gama de índices de vazios possíveis ($e_{\max} - e_{\min}$) é mais ampla e, sobretudo, e_{\min} atinge valores mais baixos. Assim, neste tipo de solos as partículas de menor e média dimensão podem arrumar-se nos espaços entre as maiores, que permitem atingir arranjos com menor índice de vazios (Fernandes, 2012). Este tipo de solos são facilmente compactáveis, constituindo aterros de excelentes características mecânicas.

Nos solos mal graduados, a gama de índice de vazios é mais estreita e, em especial, o índice de vazios mínimo é significativamente mais alto do que nos solos bem graduados, pois contêm partículas muitos semelhantes em termos de dimensões, o que torna os solos mais difíceis de compactar (Fernandes, 2012).

A compacidade de um solo granular compactado é preferencialmente expressa por meio do parâmetro designado por índice de compacidade ou compacidade relativa, calculada através da seguinte expressão (3.1):

$$I_D = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \times 100\% \quad (3.1)$$

onde:

I_D — índice de compactidade (%);

e_{max} — valores máximos do índice de vazios;

e_{min} — valores mínimos do índice de vazios.

A Tabela 3.1 apresenta uma classificação dos solos arenosos quanto à compactidade.

Tabela 3.1 – Classificação dos solos arenosos quanto à compactidade (fonte: Fernandes, 2012).

Areia	I_D (%)
Muito solta	0 – 20
Solta	20 – 40
Medianamente compacta	40 – 60
Compacta ou densa	60 – 80
Muito compacta ou muito densa	80 – 100

3.2 EFEITO DA ENERGIA DE COMPACTAÇÃO

Tal como referido anteriormente, a curva de compactação corresponde a uma determinada energia transmitida ao solo, por ação de um equipamento em estreita conjugação com um procedimento que lhe está associado. Com efeito, se forem comunicadas ao solo diferentes energias de compactação, o seu estado final não será o mesmo (Fernandes, 2011).

A Figura 3.4 representa curvas $w-\gamma_d$ em função da intensidade de energia de compactação exercida sobre o mesmo solo com determinado teor de água.

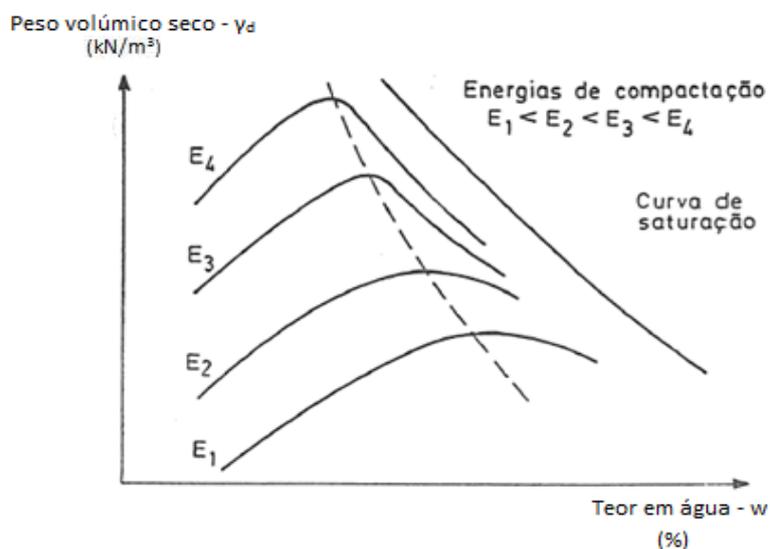


Figura 3.4 – Efeito da energia de compactação de um dado solo (fonte: Domingues, 2016).

A maior energia de compactação (E_4) corresponde um peso volúmico seco maior, tendo como efeito o decréscimo do teor em água ótimo que, graficamente, resulta uma curva deslocada para cima e para a esquerda da curva inerente à de menor energia de compactação (E_1). Para além disso, as curvas aproximam-se do respetivo lado húmido da curva de saturação, sem nunca a atingir.

Acresce referir que o aumento da energia de compactação não conduz a um aumento contínuo do peso volúmico seco, isto é, a partir de certo nível de energia, variável de solo para solo, o crescimento da energia de compactação tem efeito tendencialmente nulo no aumento do $\gamma_{d,max}$.

3.3 RESISTÊNCIA AO CORTE DE SOLOS COMPACTADOS

A resistência ao corte de um dado solo coesivo compactado depende da compacidade do solo (ou seja, γ_d) e do teor em água no instante em que se verifica o corte (Fernandes, 2011).

Devido à baixa permeabilidade deste tipo de solos, depois da colocação em obra, a resistência pode depender durante um período de tempo muito considerável de condições não drenadas.

Pode-se afirmar que a resistência ao corte é máxima quando o solo é compactado do lado seco, decrescendo com o aumento do teor em água, mesmo quando este se aproxima do ótimo, isto é, mesmo quando cresce com a compacidade (Fernandes, 2011). Para obtenção de bons resultados em termos de resistência ao corte, torna-se favorável que a compactação se processe com um teor em água um pouco abaixo do ótimo.

Importa, porém, numa perspetiva mais alargada, considerar o comportamento do solo não só para o fim da compactação, mas também no decorrer da vida útil da obra, pois torna-se necessário ter em conta o comportamento dos solos compactados após a saturação.

Conclui-se assim que um dado solo compactado do lado seco exhibe resistência ao corte mais elevada nas condições correspondentes ao fim da compactação mas, após a saturação, a sua resistência é muito semelhante à que exibiria, nesta mesma situação, caso fosse compactado do lado húmido (Fernandes, 2011).

Estas duas situações distintas conduzem também a comportamentos mecânicos diferentes do solo, pelo que a opção por uma delas depende sobretudo do tipo de aplicação e do comportamento que se considera desejável para a obra, a saber (Santos, 2008):

Lado seco (ramo seco)

- Resistência ao corte elevada, que aumenta com a energia de compactação;
- Variações da pressão da água nos vazios do solo praticamente nula, quando sujeito a carregamento;

- Eventuais fissuras;
- Expansão/colapso do solo, quando sujeito a aumento do teor em água.

Em solos secos, o valor do teor de humidade encontra-se abaixo do valor definido como ótimo no ensaio Proctor, tornando-se necessário adicionar água ao solo. Importa assim estudar a percentagem de água necessária, a taxa e método de aplicação de água e prever eventuais efeitos de precipitação. O equipamento mais comum usado neste processo é um camião cisterna (Figura 3.5) ou um trator com uma cisterna atrelada, constituídos por um tanque de água equipado com bomba de água, dotados de aspersores que regulam o caudal e a pressão da água (Canelas, 2010). No caso de arruamentos que apresentam pequenas extensões ou reduzido espaço de manobra para o veículo, é usual a utilização de uma mangueira para a rega do solo.



Figura 3.5 – Camião cisterna (fonte: Canelas, 2010).

Lado húmido (ramo húmido):

- Menor resistência e pouca sensibilidade à variação da energia;
- Eventual ocorrência de elevada pressão da água nos vazios do solo;
- Solo com comportamento plástico;
- Praticamente não existe expansão/colapso do solo.

Os solos húmidos apresentam um valor do teor de humidade superior ao determinado pelo ensaio Proctor, pelo que terão de ser antecipadamente submetidos a um processo de secagem antes da compactação. Esta operação exige que os solos sejam colocados em locais próprios, com a finalidade de serem arejados, ou então, passarem por um processo de escarificação, para o efeito da sua estabilização antes de serem sujeitos à compactação. A escarificação do solo é concretizada através de um simples trator agrícola dotado de uma fresa, mas em caso de grandes volumes recorre-se à utilização de um

equipamento específico para o mesmo fim (Figura 3.6 e Figura 3.7). Também é habitual o uso de motoniveladoras equipadas com riper para obter melhores rendimentos (Canelas, 2010).

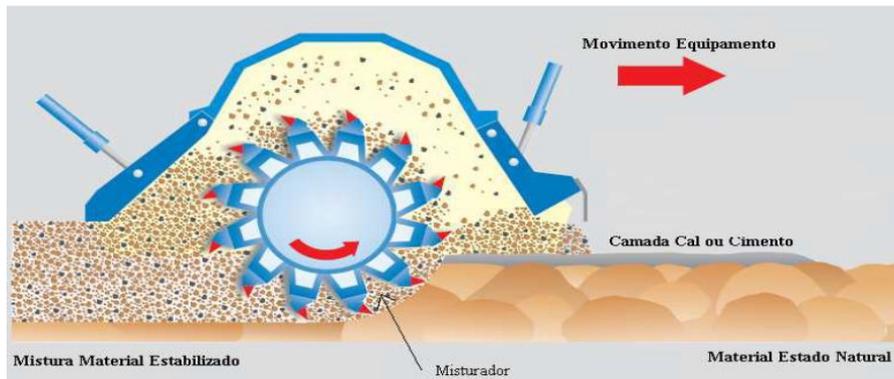


Figura 3.6 – Esquema de funcionamento da misturadora de cal ou cimento no solo (fonte: Domingues, 2016).



Figura 3.7 – Equipamento estabilizador: misturador de solo (fonte: Domingues, 2016).

3.4 EQUIPAMENTOS DE COMPACTAÇÃO

A diversidade de equipamentos existentes para a compactação dos solos, permite um leque de soluções passíveis de viabilizar a seleção daquele que melhor se coaduna com o serviço a prestar e com as características dos diferentes solos, de forma a alcançar a densidade desejada com menor energia de compactação e no menor espaço de tempo possível.

No que respeita ao esforço de compactação, ele define-se como a percentagem de energia necessária para compactar uma massa de solo, que depende das suas propriedades, da granulometria, da existência ou não de coesão e da densidade pretendida (Ribeiro, 2008).

Os esforços aplicados pelos equipamentos, de natureza estática ou vibratória, que se manifestam através da sua força de compactação, são do seguinte tipo:

- Pressão estática;
- Impacto;
- Vibração;
- Amassamento ou “kneading”.

O rodado pode ser designado por monocilindro ou por tandem. No monocilindro apenas um dos rolos exerce a função de compactação, sendo mais utilizado em aterros, enquanto que no tandem existem dois eixos compactadores, usados maioritariamente em pavimentos betuminosos. Podem ainda existir combinações de equipamentos, designados neste caso por cilindros mistos.

Em seguida, descreve-se os principais equipamentos utilizados em trabalhos de compactação.

Cilindros de rolos lisos

Os cilindros de rolos lisos são constituídos por uma superfície lisa metálica de peso muito elevado, destinados à compactação de cascalhos, enrocamentos, granulares, terras saibrosas e tapetes betuminosos, encontrando-se diversos modelos disponíveis no mercado. Apresentam como desvantagem a baixa eficiência em profundidade, sobretudo para espessuras superiores a 15 cm e a reduzida superfície de contacto com o material a compactar. Além do mais, podem ser do tipo monocilindro ou tandem, revelando este último um aumento do efeito da compactação, mas menor capacidade de manobra e menor rendimento se for necessário fazer inversões de marcha (Ribeiro, 2008).

Cilindros de pés de carneiro

Os cilindros de pés de carneiro, Figura 3.8, distinguem-se pela sua forma cúbica ou trapezoidal, permitindo que o rolo consiga uma melhor penetração nas passagens iniciais e uma compactação uniforme ao longo da espessura da camada. As características mais importantes destes cilindros são o seu peso e a pressão transmitida por cada “pé”, por esforços de amassamento. Este equipamento é ideal para solos argilosos e siltosos (solos coesivos), permite compactar espessuras entre 15 a 30 cm e proporciona um aumento da resistência global do terreno. No caso de espessuras superiores a 20 cm, é aconselhável utilizar uma conjugação de equipamentos com cilindros de pneus e/ou cilindros vibradores lisos para obter melhores resultados (Ribeiro, 2008).

Apresenta a vantagem de contrariar o fenómeno designado por “laminação”, que se define como a formação de lâminas no terreno, de que resulta um decréscimo na resistência global do aterro e um aumento do coeficiente de permeabilidade horizontal do solo, situação suscetível de ocorrer com o uso de cilindros de pneus ou de rasto liso em solos argilosos. Na última camada, deve ser usado um cilindro de tipo diferente, de forma a obter-se uma regularização homogénea por toda a superfície de acabamento.



Figura 3.8 – Cilindro de pés de carneiro.

Cilindros de pneus

Os cilindros de pneus, Figura 3.9, são compostos por dois eixos de rodas compactadoras, podendo apresentar dois tipos de esforços: o estático e por amassamento. Permitem uma compactação mais rápida e económica do que a realizada com os cilindros de pés de carneiro. A área de contacto e a pressão transmitida ao solo são função da carga exercida pelo pneu e da pressão de ar no seu interior, que são os fatores mais relevantes neste processo de compactação. Este equipamento é indicado para uma grande variedade de solos, desde as areias limpas a argilas siltosas magras (Domingues, 2016) e são usados particularmente para melhorar o acabamento da camada em pavimentos betuminosos.



Figura 3.9 – Cilindro de pneus.

Cilindros vibradores

Os cilindros vibradores, Figura 3.10, podem ser dos três tipos apresentados anteriormente, mas com a incorporação de um sistema vibratório que, em conjunto com o peso próprio, permite aumentar a eficiência da compactação em profundidade, atingindo camadas com 0,60 a 0,80 m de espessura. Estes

cilindros são usados recorrentemente em todo o tipo de solos granulares, proporcionando uma redução significativa do índice de vazios por rearrumação das partículas.

Os cilindros de peso elevado e com baixas frequências são indicados para cascalhos e enrocamentos, enquanto que os de peso mais reduzido e com altas frequências são aconselháveis para areias e siltes (Fernandes, 2011). O nível de acabamento produzido por este equipamento requer a utilização posterior de um cilindro de rolo liso ou de pneus (sem vibração), para colmatar o efeito de segregação vertical por excesso de finos e para aumentar a eficácia da compactação à superfície da camada.



Figura 3.10 – Cilindro de rolos lisos vibradores.

Rolos de impacto

Os rolos de impacto, Figura 3.11, estão predestinados para grandes obras rodoviárias ou aeroportuárias, equiparando-se à técnica de compactação dinâmica. Com base no seu elevado peso estático é exercida uma força de impacto muito significativa sobre o solo, provocando o reajustamento das partículas no seu interior. De sublinhar que se tratam de equipamentos com largura bastante expressiva e com capacidade de compactação para espessuras entre 1,0 e 3,0 m (dependendo do solo), mas limitados relativamente à compactação de camadas de pequenas espessuras, funcionando em conjunto com outros equipamentos convencionais.

A sua gama de aplicação estende-se na compactação de diversos tipos de solos e de condições do terreno, como solos argilosos, areias, cascalho, fragmentos de rocha e material proveniente de demolições (escombro) (Silva, 2013a).



Figura 3.11 – Rolo de impacto (fonte: Domingues, 2016).

Compactador de percussão ligeiro

O compactador de percussão ligeiro (saltitão), Figura 3.12, está dotado de uma base de compactação quase plana, exercendo uma elevada força de impacto contra o terreno. Este compactador possui uma inclinação para a frente que lhe permite deslocar-se à medida que a máquina salta, abrangendo esforços por impacto, vibração e amassamento. As variáveis de compactação deste equipamento são a área da placa de pé, a altura de impacto e a velocidade.

O seu uso focaliza-se na compactação de valas estreitas e pouco profundas, sendo especialmente recomendados quando estamos na presença de infraestruturas já instaladas no subsolo.



Figura 3.12 – Compactador de percussão ligeiro (saltitão).

Placas vibratórias

As placas vibratórias são equipamentos de baixa amplitude e alta frequência, projetados para compactar solos granulares e misturas betuminosas com espessuras pequenas, nomeadamente junto à berma da via. O efeito principal da compactação resulta das vibrações do equipamento que, por sua vez, provoca o seu deslocamento. Quanto mais pesada é a placa, maior a força de compactação gerada (Domingues, 2016).

Cilindro apeado

O cilindro apeado, Figura 3.13, utiliza-se na compactação das primeiras camadas do terreno e, tal como a função desempenhada pelo saltitão, compacta devidamente o terreno sem danificar a tubagem existente no subsolo.



Figura 3.13 – Cilindro apeado.

A seleção destes equipamentos deve ter em conta os seguintes fatores, a saber (Silva, 2013a):

- Fatores naturais: fatores essenciais de ponderação sobre o local de trabalho, como a natureza do solo, topografia, nível freático e condições climatéricas;
- Fatores de projeto: energia de compactação aplicada para atingir os valores de densidade desejados, o volume de terra a ser compactada, as distâncias de percurso, inclinações e as dimensões do terreno;
- Fatores económicos: considera sobretudo o custo dos equipamentos a utilizar em obra.

A Figura 3.14 relaciona os diferentes tipos de materiais a compactar, em função dos vários equipamentos da especialidade existente, sob o ponto de vista da eficiência e da vertente económica.

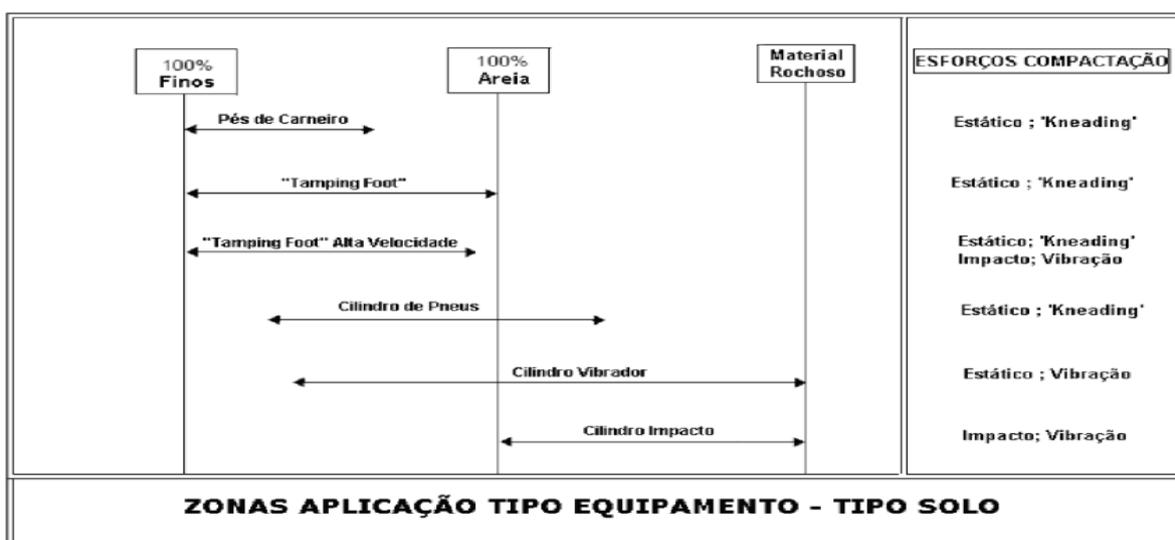


Figura 3.14 – Representação esquemática de equipamentos e de materiais (fonte: Ribeiro, 2008).

CAPÍTULO 4

PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS E PEDONAIS

4.1 TIPOLOGIAS DE PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Os pavimentos rodoviários são considerados estruturas laminares estratificadas que se apoiam continuamente sobre um solo de fundação, natural ou selecionado, concebidas para suportar cargas de tráfego e um conjunto de ações durante a sua vida útil, assegurando condições de comodidade e segurança aos utentes, indiferentemente das condições climatéricas (AASHTO, 1986).

Na conceção de pavimentos rodoviários exigem-se dois indicadores fundamentais: a qualidade funcional e a estrutural. A qualidade funcional remete-se às exigências dos utentes rodoviários em matéria de conforto e de segurança de circulação, que dependem das características superficiais do pavimento, entre as quais se contam a regularidade, as condições antiderrapantes, o ruído e a textura. Por sua vez, a qualidade estrutural está relacionada com a capacidade do pavimento suportar cargas de veículos sem sofrer alterações para além de determinados valores limites, as quais colocariam em causa a garantia da qualidade funcional (Branco, Pereira, & Santos, 2008).

Os pavimentos rodoviários distinguem-se na sua constituição através das camadas diferenciadas de materiais e da deformabilidade, de que se consideram os seguintes tipos: flexíveis, semirrígidos e rígidos. O tipo de pavimento a adotar depende, essencialmente, dos seguintes fatores (Silva, 2013b):

- Categoria da estrada;
- Ações climatéricas;
- Ação do tráfego previsto;
- Características dos materiais, espessuras e o número de camadas;
- Características do terreno de fundação.

4.1.1 Pavimentos Flexíveis

A estrutura do pavimento rodoviário flexível é constituída por misturas betuminosas nas camadas superiores, a que se seguem camadas subjacentes de material granular, assentes sobre um solo de fundação natural ou de qualidade controlada.

As camadas betuminosas são um conjunto de camadas ligadas, constituídas por materiais granulares (britas e areias) estabilizados com ligantes (betuminosos ou hidráulicos) e com capacidade para suportar os mais diversos esforços a que estão permanentemente sujeitas. Acresce referir que quanto maior forem as espessuras destas camadas, menor será o valor admissível da resistência do solo de fundação para um determinado valor de tensão. No tocante às camadas granulares, cuja resistência depende apenas do atrito interno entre partículas, são concebidas para suportar esforços de compressão, revelando-se máximos à superfície e que decrescem com a profundidade (Torrão, 2015).

Entre as camadas são aplicadas as respetivas regas de impregnação e de colagem, no sentido que este conjunto estratificado se comporte como um só. A estrutura está ligada à fundação, proporcionando que as cargas aplicadas à superfície sejam transmitidas à parte inferior, pelo que a sua estabilidade fica essencialmente dependente do atrito e da coesão dos materiais.

As camadas deste tipo de pavimento diferenciam-se pelas funções que exercem. A camada de desgaste (superior) assegura a boa aderência entre o pavimento e os rodados do veículo, suportando e transferindo estas cargas para as camadas inferiores, estando sujeita às ações do tráfego e do clima. Esta camada constituída por material betuminoso com agregados de alta resistência ao desgaste, provida de rugosidade adequada, em caso de estar concebida como camada impermeável, impede que as camadas subjacentes sejam danificadas pela humidade (Silva, 2013b).

No que se refere à camada de regularização, constituída por material betuminoso, habitualmente macadame, deve apresentar uma superfície nivelada para uma melhor disposição da camada superior, permitindo uniformizar as tensões provenientes da camada de desgaste.

A camada de base, composta por misturas betuminosas ou por agregados de granulometria extensa, absorve as tensões transmitidas pelas camadas sobrejacentes, de forma a salvaguardar a capacidade de suporte das mesmas. Esta camada é a mais importante do conjunto da estrutura do pavimento, assegurando uma importante função na degradação das tensões induzidas pelo tráfego e transmitindo-as para a sub-base.

Por sua vez, a camada de sub-base é constituída por agregado de granulometria extensa ou por solos selecionados, reunindo características drenantes com permeabilidade adequada, contrariando assim a estagnação de águas e, simultaneamente, a ascensão de águas por capilaridade para as camadas

superiores (Silva, 2013b). Esta camada transfere as tensões transmitidas pela camada base para a fundação.

Por fim, a fundação do pavimento rodoviário abrange a superfície do terreno onde assentam as camadas referidas anteriormente. Esta camada absorve as tensões que perpassam das camadas superiores, assegurando a capacidade de suporte necessária para o bom funcionamento estrutural do pavimento. Além disso, perante a fraca qualidade do solo de fundação ou que careça de situações de aterro, aplica-se uma camada de solo ou de agregados de granulometria extensa sobre a fundação, designada por leito do pavimento, com objetivo de aumentar a capacidade de suporte e garantir a melhoria de drenagem.

Na Figura 4.1 está apresentado uma constituição típica de um pavimento flexível.

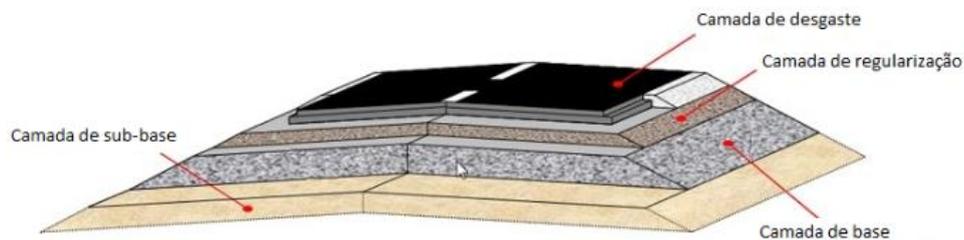


Figura 4.1 – Constituição do pavimento flexível (fonte: Adaptado de Khan, 2016).

A Figura 4.2 demonstra a dissipação das cargas verticais no pavimento flexível, onde as tensões são mais altas e concentradas nas camadas inferiores do que as exercidas comparativamente com os pavimentos rígidos.

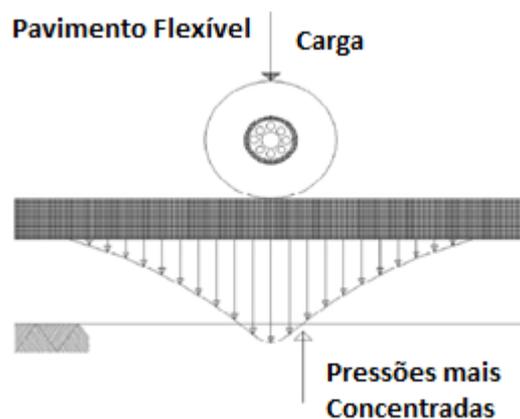


Figura 4.2 – Distribuição de tensões nos pavimentos flexíveis (fonte: Jacob, 2017).

4.1.2 Pavimentos Semirrígidos

Os pavimentos semirrígidos têm características comuns aos pavimentos flexíveis e aos pavimentos rígidos. As camadas superiores são constituídas por um estrato de misturas betuminosas, às quais se segue uma camada de base em agregados estabilizados com ligante hidráulico e uma outra camada de sub-base em material granular.

Este tipo de pavimento é muito semelhante ao anterior, diferenciando-se na camada base que acumula funções estruturais devido à sua elevada rigidez, absorvendo a generalidade dos esforços verticais e proporcionando tensões de valores reduzidos sobre o solo de fundação (Branco et al., 2008). Embora em menor escala, as camadas betuminosas contribuem também para a degradação das tensões, por transferência e redistribuição de cargas pelas camadas inferiores, em função das suas espessuras e dos materiais constituintes.

Nesta tipologia de pavimentos distinguem-se duas estruturas: a direta e a inversa. Na primeira estrutura, as camadas betuminosas assentam diretamente numa camada base que é estabilizada com ligante hidráulico, enquanto que na estrutura inversa, designada de pavimento invertido, a camada granular não ligada interpõem-se entre a camada betuminosa e a camada estabilizada com ligante hidráulico, de forma a evitar o aparecimento de fendas no revestimento (Branco et al., 2008).

4.1.3 Pavimentos Rígidos

O pavimento rígido distingue-se dos anteriores pela constituição da camada superior, uma vez que esta é formada por uma laje em betão de cimento com elevada resistência à flexão. Esta camada é assente na camada sub-base constituída por material granular estabilizado com ligante hidráulico ou apenas em material granular (Branco et al., 2008).

As principais vantagens desta tipologia passam pela menor exigência da capacidade de suporte do solo de fundação e pela redução dos encargos de manutenção do pavimento durante a sua vida útil, embora com um custo inicial superior.

A laje de betão é o elemento central da estrutura do pavimento, que consubstancia o desempenho da camada de desgaste e da camada base e, a par da sua elevada resistência, contraria as deformações acentuadas perante as solicitações severas de tráfego e das condições climatéricas adversas. Apresenta ainda características de impermeabilização e uma superfície regular consentânea com conforto e a segurança da circulação de veículos. A camada de sub-base subentende a componente funcional, revelando-se regular para permitir a colocação da laje em boas condições, para além de resistir à erosão e assegurar a uniformização de assentamentos (Branco et al., 2008).

A Figura 4.3 ilustra uma constituição típica de um pavimento rígido.

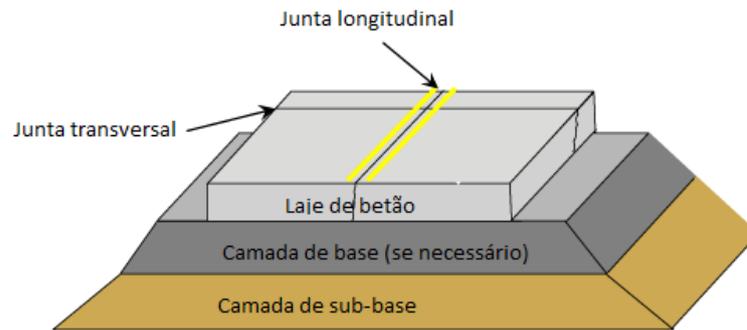


Figura 4.3 – Constituição do pavimento rígido (fonte: Adaptado de Khan, 2016).

A Figura 4.4 representa a distribuição das cargas verticais sobre uma área de maior dimensão do que nos pavimentos flexíveis, suportadas maioritariamente pela laje de betão, pelo que a degradação de tensões ocorre mais rapidamente e com menor intensidade sobre a fundação.

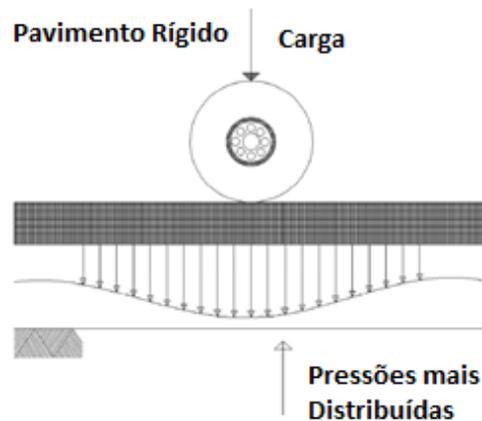


Figura 4.4 – Distribuição de tensões nos pavimentos rígidos (fonte: Jacob, 2017).

4.2 FUNDAÇÃO DE PAVIMENTOS

A fundação é o elemento base que serve de apoio à estrutura do pavimento, caracterizando-se pela sua capacidade de suporte e resultando de uma variedade de fatores, como as condições de geológicas, topográficas, tipo de solo, drenagem e clima de cada região em que se insere. Este suporte do pavimento condiciona o dimensionamento e o desempenho das camadas betuminosas e granulares que lhe são superiores, pelo que deve integrar as seguintes funções (Branco et al., 2008):

- Assegurar uma superfície regular e uma capacidade de suporte, a curto prazo, que permita a construção da primeira camada do pavimento com a espessura e grau de compactação pretendidos;
- Assegurar, a longo prazo, a capacidade de suporte necessária para o bom funcionamento estrutural do pavimento;

- Permitir, sem degradação, a drenagem das águas pluviais e a circulação do equipamento de obra, antes da construção do pavimento.

Porém, as fundações nem sempre reúnem condições para desempenhar as funções que lhes estão adstritas, nomeadamente no cumprimento do seu papel fundamental, enquanto suporte da estrutura do pavimento. Como se depreende, ao longo do traçado de uma estrada vão surgindo, evidentemente, terrenos de natureza diferente. Também devido às terraplanagens, a qualidade dos terrenos sujeitos a aterros e a escavações é suscetível de alterações, sabendo-se que os solos superficiais são, por regra, de pior qualidade do que aqueles que se encontram em pontos mais profundos, onde proliferam terrenos rochosos.

Para colmatar a imprevisibilidade e a perda de capacidade dos terrenos, recorre-se à aplicação de uma camada de solo melhorada, designada por leito do pavimento. Estes materiais de interposição situados entre a fundação e o corpo do pavimento, têm como objetivo evitar a deformação do solo e homogeneizar as características mecânicas da fundação. Com a construção desta camada pretende-se, sinteticamente, preservar o seguinte (Branco et al., 2008):

- Garantir uma capacidade de suporte da fundação mais uniforme e melhorada;
- Assegurar uma melhor regularidade da superfície de apoio do pavimento;
- Proteger as terraplanagens dos efeitos das intempéries com recurso a materiais menos erodíveis e sensíveis à água;
- Assegurar um papel anti contaminante, impedindo a ascensão dos finos que podem afetar a qualidade das camadas granulares;
- Garantir uma drenagem eficaz, sobretudo nas escavações, contrariando a subida da água até às camadas inferiores do pavimento;
- Suportar a circulação do equipamento de obra, sem prejuízo da superfície de apoio do pavimento.

Os materiais usados frequentemente em leitos do pavimento, são: solos selecionados, materiais granulares não britados, materiais granulares britados e solos de pior qualidade melhorados através de mistura com cal ou aglutinantes hidráulicos. De notar que no município do Porto, o material atualmente utilizado para este fim é o agregado britado de granulometria extensa (ABGE).

No Anexo II (Tabela II.3) estão apresentadas as características que os materiais devem obedecer para aplicação na camada de leito do pavimento.

4.3 PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

A degradação dos pavimentos rodoviários surge após a sua construção, pois ficam submetidos a ações diversas, desde logo aos agentes atmosféricos, que induzem de forma contínua solicitações nocivas nos pavimentos e a redução progressiva da sua qualidade inicial.

O processo de evolução das degradações segue uma ordem de acontecimentos e interação entre elas, levando à redução das características estruturais e funcionais e, por consequência, à deterioração do pavimento. Considera-se assim que este processo depende de dois grupos de fatores, designados por passivos ou ativos. O primeiro grupo refere-se às espessuras das camadas, materiais utilizados e à qualidade da construção, ao passo que os fatores ativos referem-se às ações do tráfego e dos agentes climáticos (Branco et al., 2008).

4.3.1 Degradações dos Pavimentos Flexíveis

As famílias de patologias associadas aos pavimentos flexíveis subdividem-se da seguinte forma:

- Deformações;
- Fendilhamento;
- Desagregação da camada de desgaste;
- Movimento de materiais.

Tendo em consideração que as diferentes degradações interferem mutuamente, tal como esquematiza a Figura 4.5, o fendilhamento tem relação direta com as demais famílias, ou seja, o aparecimento do fendilhamento pode dar origem à deformação, à desagregação da camada de desgaste e ao movimento dos materiais. Por sua vez, a deformação pode dar origem ao fendilhamento.

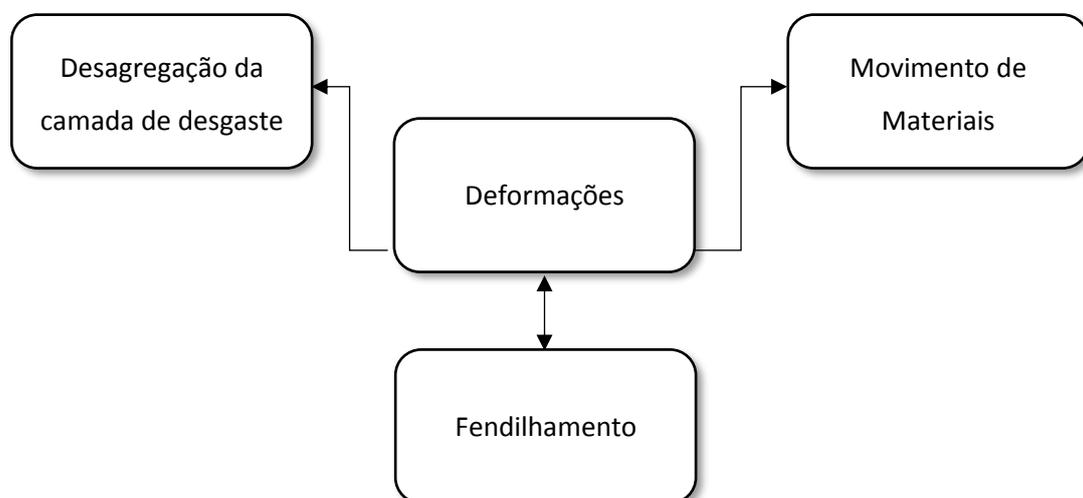


Figura 4.5 – Sequência e interação das patologias (fonte: Adaptado de Branco et al., 2008).

4.3.1.1 Deformações

As deformações são representadas por uma elevação ou depressão do pavimento relativamente ao nível original. Esta família é observável à superfície do pavimento, subdividindo-se em várias patologias, como sejam, o abatimento, a ondulação, as deformações localizadas e as rodeiras, de que se destaca em cada uma delas, o seguinte (Branco et al., 2008):

- O abatimento, Figura 4.6, manifesta-se longitudinalmente ou transversalmente nos pavimentos rodoviários, sendo perceptível na camada superficial. Quando se verifica o abatimento longitudinal junto ao eixo da faixa de rodagem, isso deve-se à infiltração de águas por fendas longitudinais até às camadas granulares e ao solo de fundação, resultando uma redução da capacidade de suporte destes. O abatimento longitudinal junto à berma pode surgir de uma redução da capacidade de suporte das camadas granulares e do solo de fundação, devido à infiltração da água pela berma ou pela interface da berma com o pavimento. Relativamente ao abatimento transversal, depende da ocorrência de situações patológicas nas camadas inferiores, nomeadamente no solo de fundação e nas camadas granulares (Branco et al., 2008);



Figura 4.6 – Abatimento do pavimento (fonte: Jacob, 2017).

- A ondulação diz respeito a deformações transversais que se repetem com frequência ao longo do pavimento, estando espaçadas entre si. A sua origem ocorre na camada superficial, como resultado de uma má distribuição do ligante, ou nas camadas de betão betuminoso quando se dá o arrastamento da mistura por excessiva deformação plástica, sob ação do tráfego. Outras causas apontam para a má aplicação da camada de desgaste e para problemas de fundação (Branco et al., 2008).
- As deformações localizadas são depressões ou sobrelevações que resultam da rotura de uma pequena área do pavimento. Podem surgir isoladamente em diferentes pontos do pavimento devido à ausência de drenagem, rutura da canalização, zonas com falhas de construção, falta de capacidade de suporte do solo de fundação e sujeição a cargas elevadas em zonas pontuais do pavimento (Jacob, 2017). Para além deste tipo de deformação, existem também grandes sobrelevações de pequeno raio nos pavimentos, provocadas pelas raízes das árvores.

- As rodeiras, Figura 4.7, são deformações longitudinais que se formam e se desenvolvem na zona de passagem dos rodados, apresentando duas configurações: rodeiras de pequeno ou grande raio. As rodeiras de pequeno raio resultam da inadequada composição da mistura betuminosa, do ligante ou dos agregados que apresentam reduzida resistência à deformação plástica. Por seu lado, as de grande raio resultam da má compactação das camadas que constituem o pavimento e da baixa capacidade das camadas granulares ou do solo de fundação, com a ocorrência de deformações permanentes que favorecem a acumulação de água à superfície (Torrão, 2015).

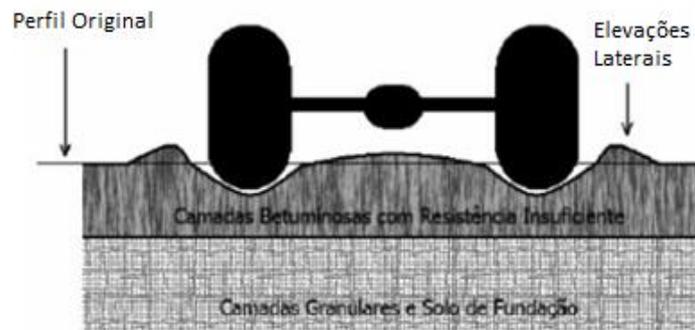


Figura 4.7 – Representação esquemática das rodeiras (fonte: Santucci, 2001).

4.3.1.2 Fendilhamento

O fendilhamento, Figura 4.8, apenas ocorre nas camadas constituídas por misturas betuminosas, constituindo em geral, um dos primeiros sinais aparentes da perda de qualidade estrutural de um pavimento. Este tipo de família de degradações é a mais frequente nos pavimentos flexíveis e são perceptíveis visualmente na superfície da camada de desgaste, subdividindo-se em fendas por fadiga, longitudinais, transversais, parabólicas e peles de crocodilo, sendo de sublinhar para cada uma delas, o seguinte (Branco et al., 2008):

- As fendas por fadiga do pavimento são irregulares e localizadas na passagem dos rodados dos veículos, geralmente iniciadas na direção longitudinal, progredindo na direção transversal e noutras direções irregulares. As principais causas possíveis são a fadiga das camadas betuminosas, a falta de capacidade de suporte das camadas granulares e do solo de fundação e a qualidade deficiente dos materiais da camada superficial (Jacob, 2017).
- As fendas longitudinais, situam-se na zona de passagem dos veículos e por vezes junto ao eixo da via e até próximo da berma. As causas prováveis têm a ver com a retração térmica da camada de desgaste, a má execução da junta longitudinal de construção, a drenagem deficiente e o subdimensionamento das camadas.
- As fendas transversais são isoladas e perpendiculares ao eixo da estrada, abrangendo parte ou toda a largura da faixa de rodagem. Resultam, essencialmente, de uma deficiência da junta transversal de

construção, da retração térmica da camada de desgaste ou da capacidade de suporte diferencial da fundação (Jacob, 2017).

- As fendas parabólicas surgem na zona de passagem dos rodados, com o eixo da parábola orientado no sentido longitudinal. Provêm de problemas de estabilidade da camada de desgaste e da sua ligação às camadas betuminosas inferiores (Branco et al., 2008).
- As peles de crocodilo são fendas em malha ou grelha, que resultam da evolução de fendas ramificadas, constituindo o mais severo estado do fendilhamento. Subdividem-se em malha fina quando o espaçamento da malha é inferior a 40 cm e em malha larga quando é igual ou superior a este valor. Esta ineficiência, evolui da malha larga para a malha fina e de fendas fechadas para fendas abertas, com tendência de se formar na passagem dos rodados e de se estender, progressivamente, a toda largura da faixa de rodagem. As principais causas são a fadiga do pavimento, a ação das condições climáticas, a deficiente qualidade das misturas betuminosas e a baixa capacidade de suporte do solo de fundação.



a) Fenda Longitudinal



b) Pele de crocodilo

Figura 4.8 – Fendilhamento em camadas constituídas por misturas betuminosas.

4.3.1.3 Desagregação da camada de desgaste

Trata-se de uma patologia que incide na camada betuminosa superficial, com consequências diretas na sua perda de qualidade.

A desagregação superficial (Figura 4.9) surge, numa primeira fase, pela desagregação do material de mistura fina e, mais tarde, pela desagregação dos agregados mais grossos. A primeira fase é designada pela “cabeça de gato”, que consiste num desgaste rápido do material mastique (finos, fíler e ligante betuminoso), deixando à vista os agregados grossos, originando uma profundidade de textura elevada. A segunda fase consiste no destacamento do agregado de granulometria mais grossa, ficando expostos a uma severa ação de corte e de esmagamento por parte dos pneus dos veículos. Os locais de incidência

revelam-se em zonas de grande concentração de tensões tangenciais, como zonas de travagem e de curvas com raios reduzidos (Torrão, 2015).

A pelada consiste num desprendimento em forma de placas da camada de desgaste, relativamente à camada inferior. A formação desta patologia deriva da espessura reduzida da camada de desgaste, da deficiente ligação entre esta camada e a seguinte ou até da falta de estabilidade da camada superficial (Jacob, 2017).

Os ninhos ou covas são cavidades arredondadas formadas na camada de desgaste, podendo progredir para as camadas inferiores. Dependem principalmente da evolução de outras degradações, em particular do fendilhamento, assim como da menor capacidade de suporte do pavimento e da má qualidade dos materiais da camada de desgaste (Jacob, 2017).

O polimento dos agregados evidencia o desgaste por abrasão, geralmente da fração grossa do agregado, conferindo à superfície do pavimento um aspeto polido e brilhante.



Figura 4.9 – Desagregação da camada de desgaste.

4.3.1.4 Movimento dos materiais

O movimento de materiais, Figura 4.10, refere-se a uma família de patologias resultantes do deslocamento dos materiais constituintes das camadas betuminosas, granulares ou de fundação até à superfície do pavimento. Dividem-se em dois tipos de degradações: exsudação e a subida de finos.

A exsudação consiste na subida do excesso de teor do ligante até à superfície do pavimento, provocada pela compressão exercida pelos rodados na camada superficial, originando o aparecimento de manchas escuras, defeito que compromete a aderência pneu-pavimento. A ocorrência desta patologia dá-se especialmente em condições de temperatura elevada e sob ações severas de tráfego rodoviário, sobretudo de tráfego lento e pesado (Torrão, 2015).

A subida de finos verifica-se quando um pavimento tem as suas camadas betuminosas fendilhadas, em conjugação com condições climáticas e de drenagem que contribuem para um nível freático elevado. Esta migração dá-se pelas diversas fendas existentes nas camadas de mistura betuminosa, devido a ação

provocada pela passagem dos rodados sobre o pavimento, que leva a expulsar a água presente no interior das camadas ou no solo de fundação para a superfície, transportando consigo as partículas finas (Branco et al., 2008).



Figura 4.10 – Movimento dos materiais (fonte: Jacob, 2017).

4.3.2 Degradações dos Pavimentos Semirrígidos

Na tipologia de pavimentos semirrígidos consideram-se os seguintes mecanismos de degradação: fendilhamento por fadiga, por retração, por degradação com perda de coesão e degradação da interface.

O fendilhamento por fadiga tem como causa principal a ação do tráfego, associado por vezes com as ações de origem térmica. Notar que quanto menor for a espessura total das camadas betuminosas, maior será a tendência para as degradações. Um pavimento devidamente dimensionado contraria a ocorrência destes inconvenientes ao longo da sua vida útil. Este tipo de fendas pode evoluir até darem origem à pele de crocodilo em malha larga, correspondendo a um fendilhamento da camada em blocos, sem perda da coesão do material (Branco et al., 2008).

O fendilhamento por retração pode ocorrer em função da composição da mistura, das características dos constituintes, mais propriamente do ligante, e da qualidade da execução da camada. As fendas nas camadas hidráulicas provocam uma distribuição de tensões desfavorável nas suas imediações, propagando-se das camadas betuminosas até à superfície e agravando-se por ação do movimento da camada hidráulica, devido às variações térmicas. A propagação de fendas até à superfície conduz a uma perda de impermeabilidade da camada de desgaste, contribuindo para a redução da capacidade de suporte da fundação e das camadas granulares (Branco et al., 2008).

A degradação com perda de coesão manifesta-se ao nível da camada de desgaste, através do aparecimento de pele de crocodilo em malha estreita, eventualmente acompanhada da subida de finos. As causas possíveis desta patologia estão associadas ao subdimensionamento, deficiente teor em água ou da subdosagem de ligante, a uma compactação incorreta ou devido às camadas inferiores serem bastantes deformáveis (Branco et al., 2008).

A degradação de interface associa-se à colagem da camada de regularização com a camada hidráulica, em que sob as ações do tráfego e térmicas verificam-se deslocamentos e tensões verticais iguais. Com isto, as alterações destas condições de interface levam a um aumento das tensões instaladas nas camadas betuminosas e, por conseguinte, ao aparecimento de fendas, peles de crocodilo e pelada. As principais causas para o defeito da interface são: a falta de limpeza da interface, deficiente rega de colagem, compacidade e espessura insuficientes das camadas betuminosas, permeabilidade excessiva da camada de desgaste, ação dos movimentos da camada hidráulica de base com origem térmica e, por último, a ação do gelo na interface das camadas (Branco et al., 2008).

4.3.3 Degradações dos Pavimentos Rígidos

Nos pavimentos rígidos constituídos por uma laje de betão, as principais degradações distinguem-se em fendilhamento das próprias lajes, desagregação superficial, escalonamento das lajes e deficiências do processo construtivo.

O fendilhamento das lajes deriva das seguintes origens (Branco et al., 2008):

- Fadiga – A fadiga nas lajes de betão deve-se à repetição das tensões de tração provocadas pelas cargas de veículos, ao longo da vida útil do pavimento. Caso este elemento estrutural seja subdimensionado ou a qualidade dos materiais e a sua execução seja deficiente, as fendas por fadiga podem ocorrer prematuramente;
- Retração – ocorre devido à ação da temperatura;
- Encurvamento das lajes – decorre dos gradientes de temperatura entre as faces superior e inferior da laje de betão, conduzindo a esforços suplementares na laje em ambas as faces.

A desagregação pode dar-se ao longo das juntas ou na própria laje, em relação à qual se refere o seguinte (Branco et al., 2008):

- Desagregação nas juntas – esta desagregação deve-se ao estreitamento acentuado das juntas ou à deficiente selagem, que permite a entrada de agregados e o posterior esmagamento do betão por ação mecânica dos pneus. Para além disso, este processo também pode ocorrer quando se verifica o escalonamento das lajes devido ao fenómeno de bombagem de finos;
- Desagregação na laje – as principais causas do arranque dos agregados ou o desprendimento de placas ao nível da superfície da laje são: a ação do desgaste do tráfego e a precariedade da qualidade dos materiais utilizados.

O escalonamento das juntas é um mecanismo que ocorre sob ação de repetidas cargas, quando se verifica, em simultâneo, a presença de materiais erodíveis na camada de sub-base ou no solo de fundação, a

existência de água nestas duas mesmas camadas e a insuficiente proteção das juntas. A combinação da passagem sucessiva dos rodados com os fatores atrás mencionados, pode provocar um desnível vertical entre as duas lajes, separadas pela junta (Branco et al., 2008).

Por último, no que respeita às deficiências do processo construtivo, destacam-se os defeitos na execução das juntas, tais como, o mau alinhamento das barras de transferência de carga que devem ser paralelas ao eixo da estrada, a selagem defeituosa e o mau acabamento, que provocam fendilhamento transversal, lasqueamento, rotura da junta transversal e a degradação do selante (Branco et al. 2008).

A Figura 4.11 ilustra a desagregação e o escalonamento das juntas em pavimentos rígidos.



a) Desagregação



b) Escalonamento

Figura 4.11 – Degradações em pavimentos rígidos (fonte: EP, 2008).

4.4 TIPOLOGIAS DOS PAVIMENTOS PEDONAIS

Os passeios são a parte da via pública, normalmente sobrelevada, que ladeia a faixa de rodagem e se destina à circulação de peões. O passeio ideal é aquele que garanta o caminhar livre, seguro e confortável de todos os cidadãos (CREA-BA, 2009).

A construção de passeios deve contemplar um conjunto de atributos de que importa distinguir a regularidade superficial, as condições antiderrapantes, a ausência de mudanças bruscas de nível e garantir um tamanho suficiente para responder à procura dos utentes. Nesta medida, um passeio completo é composto por (Pimenta, 2008):

- Lancil, rebordo que garante a sua coesão;
- Margem de proteção que pode ser usada para a implantação de elementos de separação dos diferentes tipos de trânsito como árvores, dissuasores e outros;
- Corredor central, dedicado à circulação pedonal;

- Zona de paragem, associada às fachadas, uma vez que esta é a zona mais protegida do passeio e onde se localizam as entradas para os edifícios.

Independentemente do tipo de revestimento utilizado na construção dos passeios, a solução deve essencialmente preservar o desempenho estrutural e o desempenho funcional, com o intuito de proporcionar a segurança e o conforto na circulação pedonal. Na escolha deste tipo de pavimento inserido no espaço público, há a considerar dois aspetos (Pimenta, 2008):

- Aspetos funcionais: resistência, aderência, permeabilidade, desgaste, conforto do utilizador e manutenção;
- Aspetos estéticos: estereotomia, padrão, textura e cor.

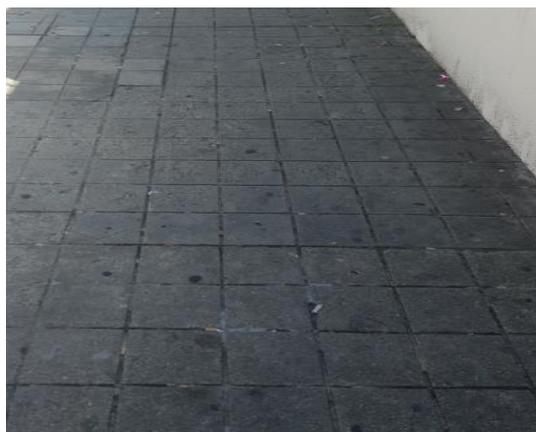
A rede pedonal inserida no meio urbano sobre a qual pendem apertadas exigências técnicas, é constituída por distintas soluções construtivas e encontra-se implementada segundo as tipologias que a seguir se descrevem.

4.4.1 Pavimentos em Betão

Os passeios em betão, Figura 4.12, são uma solução construtiva de que resulta um pavimento rígido, resistente a diversas solicitações e com um baixo nível de desgaste. Estes pavimentos comportam um custo de construção inicial mais alto em comparação com os passeios em material betuminoso, mas apresentam a vantagem de terem maior vida útil e baixo custo de manutenção. Além disso, se as estradas adjacentes forem construídas com materiais betuminosos, consegue-se um contraste visual que potencia a definição entre as vias de trânsito e o passeio (FOCMANRC, 2004). Outra particularidade a considerar, prende-se com a facilidade da aplicação de diversos acabamentos, como a betonilha esquadrelada ou o betão liso, duas soluções muito comuns no revestimento de passeios no município do Porto.

Os pavimentos em blocos de betão são também usados nos passeios das zonas pedonais, proporcionando bons resultados estéticos e estruturais. As principais vantagens do uso destes pavimentos são a segurança (superfície antiderrapante), espaços esteticamente agradáveis, boa luminosidade e impermeabilidade (Morgado, 2008). Cumulativamente, possuem boa resistência às cargas incidentes e proporcionam uma boa drenagem superficial, possibilitando a infiltração de águas incidentes entre as juntas das peças.

Nesta tipologia inserem-se também as lajetas de betão pré-fabricadas, compostas por peças moldadas de betão, que podem ser rígidas ou flexíveis, consoante a constituição da sua base, cuja característica principal é a elevada durabilidade. Trata-se de um pavimento que apresenta rugosidade adequada para evitar escorregamentos e que pode ser imediatamente aberto ao tráfego (CREA-BA, 2009). Estes elementos são fabricados num leque cada vez maior de formas, dimensões, cores e acabamentos, para além de apresentarem boa aderência, resistência e regularidade (Pimenta, 2008).



a) Betonilha esquartelada



b) Lajetas de betão pré-fabricadas

Figura 4.12 – Pavimentos em betão.

4.4.2 Passeios em Pedra

Os passeios em pedra contêm materiais que são caracterizados pela sua dureza, reduzida porosidade e resistência à abrasão, sendo essencialmente constituídos por granito, calcário e basalto.

A calçada pode ser composta por paralelepípedos, cubos ou microcubos, em basalto ou granito, apresentando um baixo nível de desgaste e uma elevada resistência a cargas e a condições atmosféricas (Pimenta, 2008). Dado tratar-se de um pavimento descontínuo, apresenta uma quantidade elevada de juntas, suscetíveis de provocar desconforto na circulação pedonal.

O caso particular da calçada portuguesa refere-se a um pavimento composto por pedras de formato irregular, tirando partido dos diferentes tipos de pedra natural da região, principalmente calcário vidraço azul-escuro ou basalto e calcário vidraço branco, com o objetivo de criar padrões (Pimenta, 2008). Este tipo de pavimento não se remete apenas para características funcionais, mas principalmente tem uma função decorativa, estando presente em várias zonas do município do Porto.

Outra variante dos passeios em pedra é denominada por lajeado, que é um pavimento composto por placas de pedra natural, abrangendo uma diversa gama de formatos e de dimensões com resistência variável. Em relação às soluções anteriores, as suas unidades (peças) são de maiores dimensões, de que resulta um pavimento com menor número de juntas, com vantagem direta no nível de conforto.

A Figura 4.13 apresenta passeios em microcubo e em calcário/basalto.



a) Passeio em microcubo



b) Passeio em calcário/basalto

Figura 4.13 – Passeios em pedra.

4.4.3 Passeios em Materiais Betuminosos

Esta tipologia de pavimento em passeios, Figura 4.14, é caracterizada por ser estruturalmente flexível, possuir uma superfície contínua, ser resistente ao crescimento de vegetação indesejada e inibir a migração de água para a base. São pavimentos que possuem um menor custo de construção inicial, menor vida útil que o betão e requerem maior manutenção.



Figura 4.14 – Passeio em material betuminoso.

4.4.4 Passeios em Blocos de Cerâmica

O material deste pavimento é irregular e poderá ser rígido ou flexível, consoante a sua base. A utilização deste tipo de material deve-se ao facto de contemplar uma variedade de dimensões e cores, ter grande resistência ao desgaste e pela sua facilidade de produção. Como desvantagem salienta-se a instalação dispendiosa relativamente ao betão. Além disso, os pavimentos em tijolo podem causar vibração que é situação dolorosa para os peões com mobilidade reduzida (FHWA, 2013).

4.4.5 Pavimento Tátil

Nas zonas do passeio adjacentes à travessia de peões torna-se aconselhável a aplicação de um tipo de revestimento específico e inconfundível, designado “piso tátil”, Figura 4.15, com cor contrastante e textura bem diferenciada, que permita ao peão detetar a existência da passagem de peões, a sua largura e a direção de atravessamento. A cor da faixa de alerta e da guia de encaminhamento deve assegurar o contraste visual/escuro com o piso adjacente. O piso tátil deve conjuga três componentes (CML, 2012):

- Faixa de alerta - deve permitir ao peão detetar a localização exata de uma passagem de peões e a sua largura total;
- Guia de encaminhamento – deve permitir ao peão detetar a presença de uma passagem de peões e a respetiva direção de atravessamento;
- Moldura de contraste – é uma área do passeio com revestimento liso que deve acentuar o contraste visual (claro/escuro) e de textura (liso/ textura regular) com a faixa de alerta e guia de encaminhamento.



Figura 4.15 – Piso tátil.

CAPÍTULO 5

PLANEAMENTO DAS ACESSIBILIDADES PEDONAIS

O Decreto-Lei n.º 163/2006 define, através de normas técnicas, as condições de acessibilidade a satisfazer no projeto e na construção de espaços públicos, equipamentos coletivos e edifícios públicos, bem como edifícios destinados à habitação. A aplicação das normas visa proporcionar condições de acessibilidade, de modo autónomo e seguro, ao maior número possível de pessoas, independentemente da sua idade, estatura, grau de mobilidade e capacidade de perceção. De referir que as normas técnicas deste diploma podem não ser aplicadas, quando para o mesmo efeito se disponha de regulamentação mais exigente, considerando que esta assegura melhores condições para a implementação dos requisitos impostos na legislação.

Dado que os casos de estudo desenvolvidos neste relatório se baseiam nas especificações em função das necessidades relativas ao espaço público, nomeadamente ruas e passeios, não incluindo o edificado mesmo que público, apenas é aplicável o capítulo correspondente à via pública e aos percursos acessíveis. Assim, são enunciados os principais elementos construtivos que permitem a criação de infraestruturas para garantir boas condições de mobilidade pedonal nos espaços urbanos.

A conceção, implementação e gestão de um sistema pedonal deve ser realizada de modo a que seja possível atingir os seguintes objetivos gerais: segurança, comodidade, rapidez, coerência e atratividade. As infraestruturas constituintes deste sistema podem ser divididas em três componentes principais (Seco, Macedo, & Costa, 2008):

- Espaços reservados exclusivamente a peões (passeios, zonas para pedestres);
- Atravessamentos da rede viária;
- Zonas de interface modal (peão/transporte coletivo, transporte coletivo/transporte coletivo, peão/transporte Individual).

5.1 ESPAÇO VITAL PARA O PEÃO

A rede pedonal destina-se a garantir a circulação dos peões e a preservar, em simultâneo, a existência de um espaço vital mínimo em condições de segurança que permita integrar outros grupos particularmente vulneráveis, como crianças, idosos e peões de mobilidade reduzida. Adicionalmente, estas infraestruturas devem contemplar todo um conjunto de espaços para atividades sociais e de lazer que não implicam necessariamente deslocação.

O peão ocupa um determinado espaço a cada instante, quer esteja parado ou em movimento, sendo necessário considerar trajetos com 80 cm de largura por peão, para que dois peões se possam cruzar sem interferência. No entanto, para efeitos de cálculo considera-se que o espaço ocupado por um peão é representado por uma elipse de 0,50 m × 0,60 m, cuja área total é de 0,30 m² (Seco et al., 2008).

Por outro lado, para a circulação de peões com mobilidade condicionada é necessário garantir um espaço mínimo maior, representado na Figura 5.1. Outra particularidade importante é a manobrabilidade, onde o espaço mínimo necessário é dado por uma circunferência com raio de 80 cm, quando rodam as duas rodas em sentidos opostos e por uma circunferência de raio 91,5 cm, quando roda em torno de uma das rodas (Seco et al., 2008).

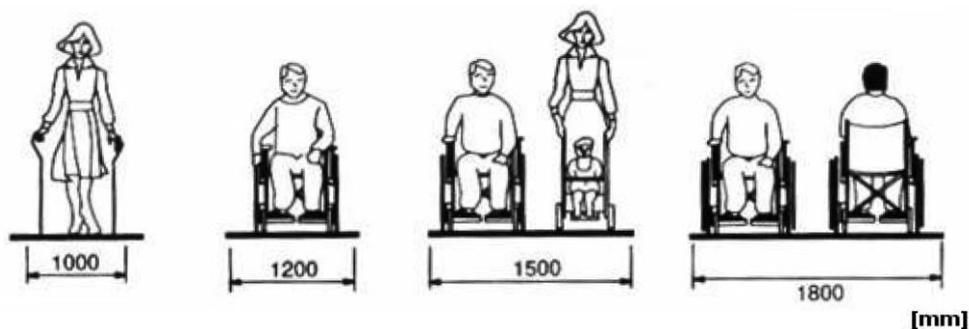


Figura 5.1 – Larguras mínimas necessárias para a circulação (fonte: Seco et al., 2008).

5.2 ESPAÇOS PARA CIRCULAÇÃO DOS PEÕES

A largura útil do passeio corresponde ao espaço efetivamente disponível para a circulação e realização de atividades dos peões, ou seja, é a largura total do passeio deduzida do espaço dedicado à existência de vários obstáculos.

O DL n.º 163/2006, impõe que a largura mínima para os passeios adjacentes a vias principais e a vias distribuidoras devem ter uma largura livre não inferior a 1,50 m, enquanto que os pequenos acessos pedonais no interior de áreas plantadas, cujo comprimento total não seja superior a 7,0 m, é aceitável terem uma largura livre não inferior a 0,90 m.

Porém, quando não for possível garantir estes valores, as larguras mínimas passíveis de utilização poderão ser inferiores, Tabela 5.1, já que nesses casos poderá ser necessário sobrevalorizar a segurança do peão em zonas particularmente perigosas ou, ainda, poderá justificar-se a cedência de espaço para o estacionamento de veículos (Seco et al., 2008). Um caso exemplar destas situações constata-se em obras de requalificação de espaços urbanos já consolidados.

Tabela 5.1 – Largura mínima admissível de passeios (fonte: Adaptado de Seco et al., 2008).

Tipo de Passeio	Largura desejável (m)	Largura Aceitável (m)
Passeio sem obstruções	1,20	1,0
Troço < 10 m junto a obstrução	-	0,80

5.3 TRAVESSIAS PEDONAIS

Este tema baseia-se no documento “Modelo de Passagem de Peões – Especificações Técnicas de Acessibilidade e Segurança”, que foi desenvolvido de forma a apoiar os vários serviços municipais, consubstanciando as normas técnicas definidas na legislação e regulamentação aplicáveis, nas boas práticas internacionais e na experiência prática de vários técnicos (CML, 2012).

As travessias pedonais são pontos críticos da rede onde existe conflito (potencial) entre veículos e peões, pelo que se deve procurar minimizar o risco de acidente, adotando soluções que diminuam a exposição do peão interveniente, particularmente vulnerável, e consequentemente visem o aumento da sua segurança (Seco et al., 2008). Para além de seguras, as travessias devem ser cómodas, atrativas, proporcionar um acesso rápido, estar bem iluminadas, contínuas (livre de obstruções), providenciar a articulação entre as várias redes de forma coerente e preferencialmente localizadas na perpendicular ao lancil.

A localização das passadeiras ocupa um papel crucial e deve ser alvo de uma escolha ponderada, situando-se na continuidade dos principais percursos pedonais, uma vez que serão aí a zona de atravessamento natural para os peões, independentemente da sua existência ou não.

5.3.1 Implantação

A implantação ou adaptação de uma passagem de peões deve pressupor uma avaliação prudente que considere a necessidade ou as vantagens da aplicação das seguintes medidas (CML, 2012):

- Reconfigurar a passagem, se esta já existir;
- Substituir a passagem pela continuidade do passeio;
- Efetuar arranjos ou melhoramentos complementares na passagem ou na sua envolvente.

A reconfiguração da passagem de peões deve estar focada em proporcionar melhores condições de acessibilidade ou segurança para os utentes e pode envolver a sua recolocação, reorientação, redimensionamento ou fasear o atravessamento (introduzir um ou mais refúgios).

A continuidade do passeio consiste na interrupção da faixa de rodagem pelo passeio e implica a circulação dos veículos por travessia pontual do espaço do peão. A sua implementação só pode ser assegurada no caso de se compatibilizar com as características da via, tais como: classificação e respetiva função na rede viária, volume de tráfego e velocidade limite.

Os arranjos ou melhoramentos complementares centram-se na recuperação ou melhoria das condições de acessibilidade ou segurança para o peão, mediante trabalhos de manutenção, conservação, alteração ou inovação, direcionados para os seguintes aspetos: acalmia de tráfego (introdução de medidas físicas), drenagem (substituição da grelha de proteção do sumidouro), aumento do nível de luminosidade, pavimento (reparação do passeio), sinalização rodoviária e área de proteção do passeio (desvio de obstáculos).

No âmbito daquela avaliação prévia, a localização da passagem de peões deve também ser conjugada com os seguintes aspetos:

- Relação com a geometria da via: respeitar o alinhamento do corredor pedonal existente nos passeios, corresponder ao percurso natural do peão, procurar reduzir a distância de atravessamento;
- Relação com o estacionamento marginal à via: evitar que as viaturas estacionadas não dificultem a visibilidade dos peões por parte dos condutores, respeitar uma distância mínima de 5,0 m entre o fim da zona de estacionamento e o início da marca rodoviária M11 ou M11a, com exceção dos lugares de estacionamento que se encontrem totalmente delimitados em recorte no passeio ou por separador de trânsito;
- Relação com a paragem de transporte público (TP): salvaguardar a visibilidade dos peões junto às paragens TP e possibilitar um atravessamento seguro no transbordo entre paragens. Localizar a passagem de peões antes da paragem de TP, se as duas vias de trânsito mais próximas do lancil tiverem o mesmo sentido e depois da paragem de TP, se as duas vias de trânsito mais próximas do lancil tiverem sentidos opostos ou se for regulado por semáforo;
- Relação com a rede ciclável: evitar o conflito entre peões e ciclistas, salvaguardar a prioridade do peão em todas as áreas pedonais, nomeadamente nas passagens de peões e na respetiva área de proteção no passeio e sinalizar a passagem na zona de atravessamento da faixa de rodagem com a marca rodoviária M10 ou M10a.

Em geral, devem ser observados diversos critérios de ponderação na implantação das travessias pedonais, caso se verifiquem locais com um número significativo de atravessamentos não formalizados que fomentem conflitos entre veículos e peões (causa inclusive de acidentes), evidências de velocidade excessiva dos veículos e existência de um polo gerador de peões, em particular nas imediações de escolas ou hospitais.

5.3.2 Drenagem

O sistema de drenagem das águas pluviais deve prevenir a acumulação e o fluxo superficial de águas sobre a passagem de peões e a respetiva área de proteção no passeio. A localização do órgão de entrada (sumidouro ou sarjeta) deve, relativamente à passagem de peões, cumprir os seguintes requisitos (CML, 2012):

- A montante da passagem, considerando o sentido de drenagem superficial;
- Fora da largura da passagem, com um afastamento aos limites laterais da marca rodoviária M11 ou M11a que seja igual ou superior a 1,0 m.

Para além disso, se o órgão de entrada pré-existente não cumprir os requisitos definidos anteriormente, em alternativa pode ser colocado um sumidouro complementar a montante da passagem de peões, alterar/corriger a grelha existente ou converter a sarjeta em sumidouro.

5.3.3 Pavimento na Faixa de Rodagem

A área da faixa de rodagem ocupada pela marca rodoviária M11 ou M11a deve ter um revestimento regular e assegurar o bom contraste das marcas rodoviárias adequado às necessidades de peões, ciclistas e condutores, tendo em vista acautelar os seguintes aspetos (CML, 2012):

- Ao peão, condições otimizadas para um atravessamento rápido, confortável e com um risco de queda tão pequeno quanto possível (por escorregamento ou tropeção);
- Ao condutor, condições otimizadas para a boa visibilidade da marca rodoviária M11 ou M11a e, em caso de surgir um imprevisto, para travagem.

A inclinação do piso, na área ocupada pelas marcas atrás citadas, deve ser igual ou inferior a 2 % na direção transversal e igual ou inferior a 5 % na direção longitudinal relativamente ao eixo da passagem de peões.

Quando existem intervenções na área referida, por intermédio de obras de requalificação das infraestruturas de subsolo, recargas ou reparações do pavimento, construção ou reparação de novos lancis, é necessário evitar a ocorrência de irregularidades, particularmente canal ou ressalto junto ao lancil e às tampas das caixas.

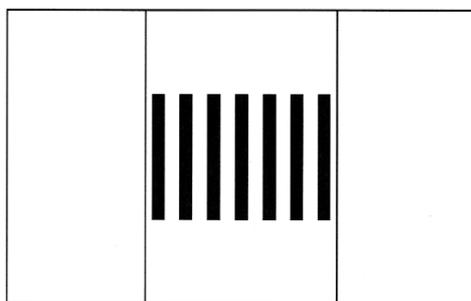
5.3.4 Marcas Rodoviárias

A passagem de peões deve ser assinalada por uma marca rodoviária pintada no pavimento da faixa de rodagem, designada por M11 e, no caso do atravessamento estar regulado por sinalização luminosa, pode ser aplicada a marca M11a (CML, 2012).

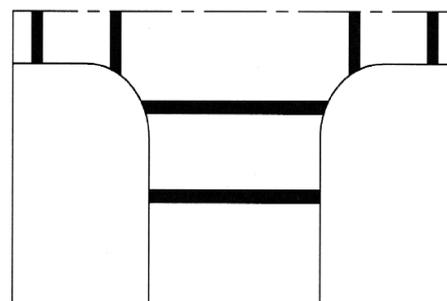
A largura da passagem de peões deve ser, de uma forma geral, de 4,0 m, mas poderá ser inferior se no local existir baixo volume de tráfego de peões ou restrições físicas cuja eliminação seja desproporcionadamente difícil ou dispendiosa, devendo nesse caso ser igual ou superior a 2,75 m. Se existir elevado volume de tráfego pedonal ou maior conveniência para a segurança rodoviária é aceitável aumentar a sua largura.

A marca rodoviária M11 deve ser constituída por barras longitudinais paralelas ao eixo da via, com uma espessura de 50 cm, alternadas por intervalos regulares com a mesma medida. A marca rodoviária M11a deve ser constituída por duas linhas contínuas, transversais ao eixo da faixa de rodagem, com uma espessura de 20 cm. Estas marcas devem ser complementadas por uma linha de paragem, sinalizada pela marca M8 ou M8a. Se tiverem carácter permanente, devem ser materializadas no pavimento por pintura de cor branca, constituída por material antiderrapante e com altura igual ou inferior a 6,0 mm.

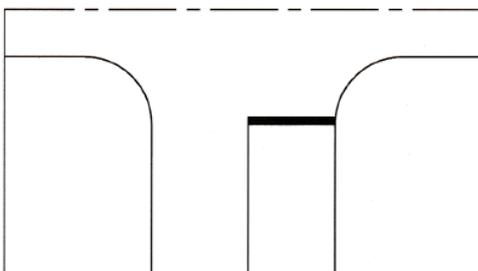
Na Figura 5.2 estão representadas as marcas rodoviárias referidas.



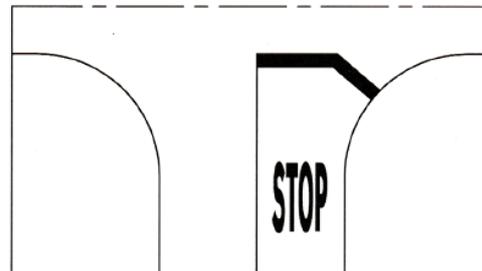
a) M11 – Passagem para peões



b) M11a – Passagem para peões



c) M8 – Linha de paragem



b) M8a – Linha de paragem com símbolo STOP

Figura 5.2 – Marcas rodoviárias (fonte: CML, 2012).

5.3.5 Sinalização Vertical

Nas situações em que a passagem de peões não é regulada por semáforo, deve ser instalada sinalização vertical (Figura 5.3) – sinal de perigo A16a e sinal de informação H7 – em complemento da marca rodoviária M11. O primeiro destes sinais é colocado na aproximação à passagem de peões e o segundo junto à passagem de peões, sendo que devem garantir boas condições de legibilidade e acautelar a normal circulação de peões no passeio (CML, 2012).



a) A16a – Passagem de peões



b) H7 – Passagem para peões

Figura 5.3 – Sinal de perigo e sinal de informação (fonte: CML, 2012).

Os semáforos de peões são localizados nos topos da passagem e têm as luzes alinhadas com os limites laterais da marca rodoviária M11a. Complementarmente, podem estar equipados por um dispositivo de acionamento manual, emitir um sinal sonoro ao longo do sinal verde para peões ou até conter um painel luminoso com a indicação, em contagem decrescente, do tempo disponível para o atravessamento.

5.3.6 Ressalto Zero

O ressalto zero define-se como o desnível de valor nulo entre o topo do lancil e a faixa de rodagem, situação a verificar em toda a largura da passagem de peões. Este requisito relativo à regularização do pavimento deve estar cumprido ao longo de todo o atravessamento, incluindo ambos os extremos da passagem de peões e, quando existam, as interceções com separadores, ilhas e refúgios. A implementação do ressalto zero assume particular importância na criação de condições para o atravessamento de peões com mobilidade condicionada, podendo ser obtido através das seguintes medidas (CML, 2012):

- Sobrelevação da passagem de peões;
- Rebaixamento parcial do passeio;
- Rebaixamento total do passeio.

Estas medidas não podem provocar um acentuar da inclinação pré-existente para além dos valores máximos, a seguir referidos.

As inclinações são calculadas segundo a expressão (5.1) :

$$i = \frac{h \times 100}{c} \quad (5.1)$$

onde:

- i — inclinação, expressa em percentagem (%);
- h — altura vencida pelo plano inclinado, medida na vertical entre cotas finais;
- c — comprimento do plano inclinado, medido na horizontal.

Todavia, tendo em consideração o DL n.º 163/2006, a altura do lancil em toda a largura das passagens de peões não deve ser superior a 2,0 cm.

5.3.6.1 Sobrelevação da passagem de peões

A sobrelevação da passagem de peões obtém-se através da instalação da passagem sobre uma lomba redutora de velocidade (LRV), Figura 5.4, consistindo em manter a cota dos passeios ao longo da zona de atravessamento pedonal, submetendo os veículos a galgar um pequeno desnível.

Esta medida tem como objetivo providenciar a redução de velocidade dos veículos na aproximação à passagem de peões e pode ser conjugada com outras medidas de acalmia de tráfego. Pode ser adotada no caso de ser compatível com a classificação da via e respetiva função na rede viária, se a via não estiver integrada num itinerário prioritário de veículos de socorro, ou se a inclinação longitudinal da via for inferior a 10 %. A configuração da LRV deve cumprir todos os seguintes requisitos (CML, 2012):

- Perfil trapezoidal, na direção do eixo da via;
- Faces perpendiculares ao eixo da via em que está contida;
- Ocupar toda a largura da faixa de rodagem;
- Conter inteiramente a marca rodoviária M11 na sua plataforma superior;
- Plataforma superior com uma profundidade entre 5,0 e 15,0 m, medida na direção do eixo da via;
- Se a via for utilizada com regularidade por veículos pesados de transporte coletivo de passageiros, a profundidade atrás indicada deve estar compreendida entre 6,0 e 15,0 m;
- Ter uma altura, medida relativamente ao plano da faixa de rodagem entre 6,0 e 12,0 cm;
- As rampas laterais devem ter uma inclinação entre 3 % e 9 %, se o limite de velocidade definido para a via for de 50 km/h e entre 5 % e 15 %, se esse limite for de 30 km/h ou 40 km/h;

- As rampas laterais devem ser sinalizadas com marcas transversais idênticas, constituídas cada uma delas por duas ou três filas de quadrados de 0,50 m de lado, alternando a cor branca com a do pavimento, de forma a produzir um efeito de xadrez.

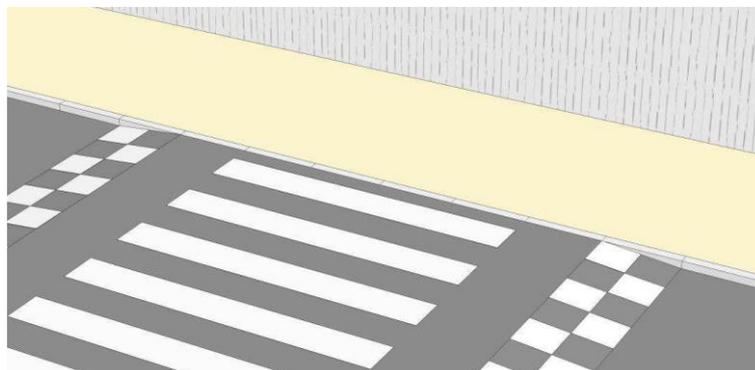


Figura 5.4 – Passagem de peões sobrelevada (fonte: CML, 2012).

5.3.6.2 Rebaixamento parcial do passeio

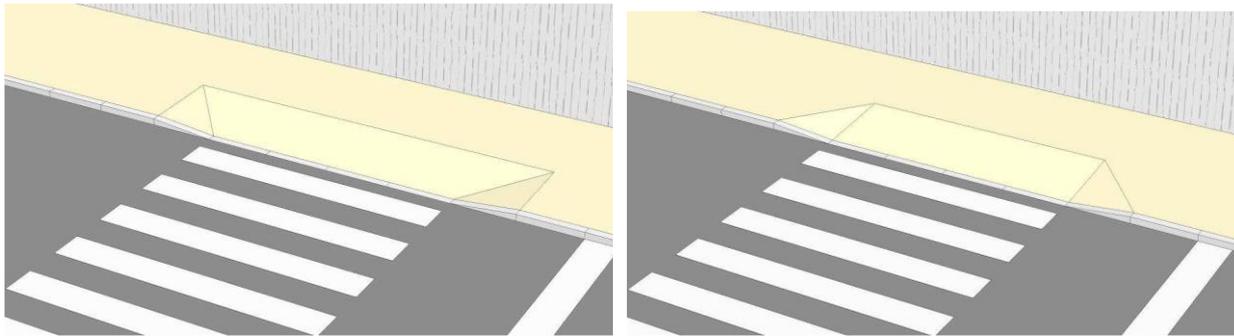
O rebaixamento parcial do passeio consiste na introdução de um plano inclinado na parte do passeio imediatamente adjacente à passagem de peões, Figura 5.5. Se o plano inclinado do rebaixamento provocar um estreitamento do canal de circulação pedonal no passeio, a largura livre deve obedecer às seguintes dimensões (CML, 2012):

- Igual ou superior a 1,20 m;
- Igual ou superior a 0,80 m, se uma largura superior implicar obras desproporcionadamente difíceis ou dispendiosas.

Além disso devem ser consideradas outras características essenciais:

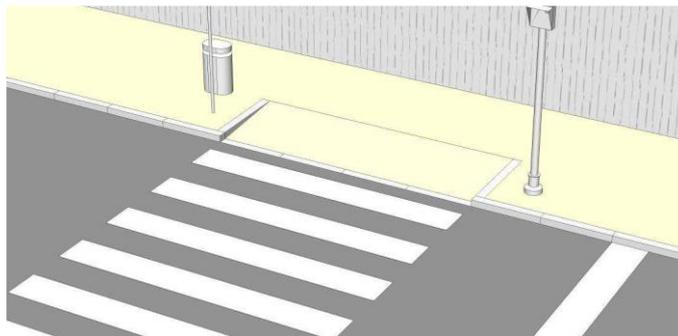
- O plano inclinado deve ter uma inclinação igual ou inferior a 8 %, medida na perpendicular à faixa de alerta;
- A transição lateral entre o plano inclinado e o passeio adjacente deve ser feita por meio de um rampeamento lateral, que por sua vez deve ter uma inclinação igual ou inferior a 10 %, medida na direção do lancil.

A transição lateral pode ser feita por meio de um ressalto vertical, se a criação do rampeamento lateral for desnecessária, inviável, ou desproporcionada e, ainda, se o ressalto for articulado com elementos fixos de mobiliário urbano.



a) Rebaixamento parcial com abas abertas

b) Rebaixamento parcial com abas fechadas



c) rebaixamento parcial com ressalto vertical

Figura 5.5 – Tipologia de rebaixamento parcial do passeio (fonte: CML, 2012).

5.3.6.3 Rebaixamento total do passeio

Por último, o rebaixamento total do passeio, Figura 5.6, consiste em rebaixar toda a área do passeio que se encontra no enfiamento da passagem de peões, o qual não deve criar ou agravar desníveis entre a área de passeio rebaixada e as cotas de soleira imediatamente adjacentes, sem prejuízo para o sistema de drenagem das águas pluviais (CML, 2012).



Figura 5.6 – Rebaixamento total do pavimento (fonte: CML, 2012).

5.3.7 Área de Proteção

A área de proteção, Figura 5.7, localiza-se no passeio adjacente à passagem de peões, devendo estar livre de obstáculos, de forma a não prejudicar a visibilidade dos condutores relativamente aos peões, especialmente de crianças, e não criando constrangimentos aos movimentos de aproximação e de saída de peões naqueles locais.

A área de proteção da passagem de peões é composta pelos seguintes espaços (CML, 2012):

- Enfiamento: é uma faixa que tem a mesma largura e a mesma direção da marca rodoviária M11 ou M11a e que se prolonga desde o lancil adjacente à passagem de peões;
- Laterais do enfiamento: é uma faixa lateral e adjacente ao enfiamento da passagem de peões e que se prolonga com a mesma direção, a mesma extensão e uma largura de 1,0 m;
- Triângulo de visibilidade no passeio: é um espaço triangular, com os lados definidos pelo lancil, pelo eixo da passagem de peões e por uma linha que liga um ponto desse eixo ao ponto de vista de um condutor em aproximação.

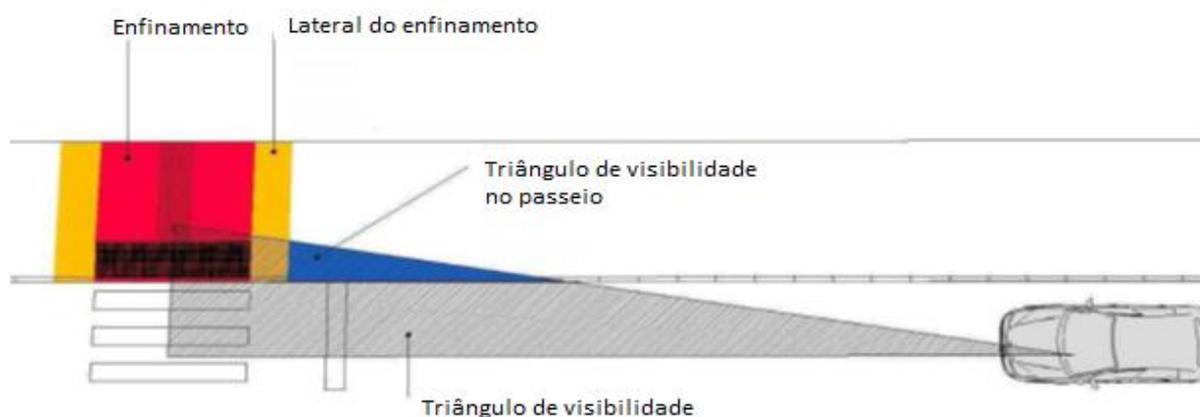


Figura 5.7 – Componentes da área de proteção no passeio (fonte: CML, 2012).

Para impedir o acesso de veículos a espaços destinados a peões, proteger desníveis ou ainda a resguardar zonas de potencial perigo, são utilizados elementos de separação, designados por dissuasores e guarda-corpos, Figura 5.8. Este tipo de proteção do passeio não deve impedir a boa circulação pedonal, mantendo disponível este corredor com a largura regulamentar.

Os dissuasores têm altura variável, sempre superior a 90 cm, apresentam um contraste visual com pavimento envolvente (claro/escuro) e não possuem arestas vivas. A sua colocação deve ficar o mais próxima possível do lancil e o seu material pode ser rígido ou em PVC. O problema intrínseco ao material rígido pode surgir quando este é mais resistente que alguns tipos de pavimento, provocando situações de cedência por parte deste último.

Os guarda-corpos são outro exemplo de proteção do passeio, instalados a uma altura igual ou superior a 90 cm, em material rígido, normalmente fixos, sem arestas vivas e que possuem contraste visual (claro/escuro) com o pavimento envolvente. Para além disso são colocados próximos do lancil, até a um afastamento lateral igual ou superior a 0,50 m da marca rodoviária M11 ou M11 e apresentam-se vazados para não prejudicar a visibilidade.

Acresce que os obstáculos geralmente designados por frades ou balizadores não cumprem os requisitos relativos à sua altura e devem ser evitados, pois no aspeto visual são menos perceptíveis, fáceis de transpor e aumentam o perigo de queda e de atropelamento.



Figura 5.8 – Elementos de separação.

5.4 OBSTÁCULOS FÍSICOS

Na via pública encontram-se diversos tipos de obstáculos físicos inerentes à circulação pedonal que comprometem a mobilidade dos peões, nomeadamente os de mobilidade reduzida.

Os obstáculos podem ter origem arquitetónica, no mobiliário urbano, em estruturas para fins comerciais e estarem associados aos meios de transporte e de telecomunicações. Habitualmente, encontra-se com frequência os seguintes exemplos: sinalização vertical, esplanadas de cafés, quiosques, marcos de incêndio (Figura 5.9), vegetação, postes de iluminação, semáforos, parquímetros, equipamentos para deposição de resíduos urbanos, sinalética publicitária, rampas e degraus.

As distâncias de segurança relativamente à berma do passeio, fachadas de edifícios, muros e montras, constituem também um obstáculo ao reduzir a largura livre nos passeios, pois o peão tende a circular afastado deles.

Assim, é necessário posicioná-los adequadamente, aproximando-os tanto quanto possível da berma do passeio, ou até minimizar a sua existência, de forma a proporcionar uma circulação confortável e segura.



Figura 5.9 – Marco de incêndio mal posicionado.

Para além destes obstáculos, a via pública ainda alberga vários elementos integrados no pavimento, em que os mais usais são:

- Tampas das redes de infraestruturas: a sua dimensão é variável, sendo importante que esteja devidamente nivelada para evitar quedas e caso sejam metálicas, apresentem acabamento rugoso para prevenir deslizamentos;
- Caldeiras das árvores: é necessário a base da árvore estar protegida e devidamente nivelada com o pavimento envolvente, para evitar quedas ou outro tipo de acidentes;
- Grelhas e frestas: referem-se a ressaltos existentes na via pública que podem representar um constrangimento à circulação de peões com mobilidade reduzida, se o seu espaçamento máximo for maior que 2,0 cm, conforme a regulamentação.

5.5 SOLUÇÕES DE APOIO AO PEÃO

As soluções de apoio ao peão destinam-se a proporcionar a circulação e o atravessamento de vias com maior segurança, materializadas através de alterações à sua geometria, de forma a reduzir a velocidade dos veículos e o tempo de exposição dos peões a situações potencialmente perigosas. Ainda no âmbito destas medidas, em determinadas circunstâncias pode ser considerada a necessidade de identificar o local para atravessamento e a pavimentação com materiais diferenciados.

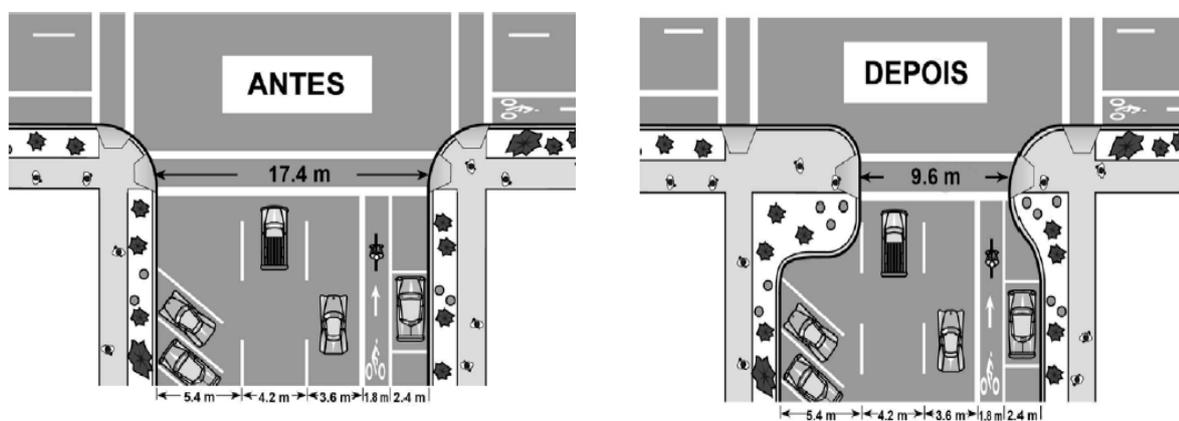
5.5.1 Redução dos Raios de Curvatura

Esta solução tem em vista criar condições objetivas para encurtar o tempo e o comprimento de atravessamento dos peões, assim como reduzir a velocidade dos veículos. Na sua implementação é necessário ter em conta se o local reúne condições de manobrabilidade para os veículos pesados e, em alguns casos, tomar medidas cautelares que previnam o galgamento dos passeios. Deve também ser

avaliado eventuais problemas com a redução da capacidade viária, causados por estacionamento ilegal (Seco et al., 2008).

Prolongamento do passeio

A aplicação desta medida passa pelo prolongamento do passeio, Figura 5.10, ampliando o espaço disponível dos peões na zona de acesso às passadeiras que, tal como a situação anterior, se traduz na redução do comprimento do atravessamento e na diminuição da velocidade dos veículos. Consequentemente, tanto o número de lugares de estacionamento oferecidos naqueles pontos da via como a existência de estacionamento ilegal tendem a reduzir. Desta forma, é assim criada uma área adicional que melhora a visibilidade e pode ser utilizada como local de espera dos peões.



a) Antes do alargamento

b) Depois do alargamento

Figura 5.10 – Alargamento de passeios em cruzamentos (fonte: Seco et al., 2008).

5.5.2 Refúgio para Peões

O recurso a esta solução, Figura 5.11, visa simplificar e tornar mais seguro o atravessamento, que passa pela criação de uma área de espera para peões entre as faixas de rodagem, possibilitando maior visibilidade, sem consequências ao nível da prioridade do tráfego viário.

Em termos práticos, o refúgio para peões deve permitir ao peão realizar de forma faseada o atravessamento da via, percorrer em cada fase uma distância mais reduzida, gerir em cada fase o conflito com apenas um sentido de trânsito e encontrar refúgio seguro entre as fases consecutivas. Para o efeito, esta solução de apoio deve ser assegurada se no atravessamento da via se verificar pelo menos uma das seguintes situações (CML, 2012):

- Travessia de quatro ou mais vias de trânsito, se a via tem um sentido;
- Travessia de três ou mais vias de trânsito, se a via tem dois sentidos;

- Mudança de direção entre passagens de peões consecutivas na intersecção do atravessamento com um separador ou ilha;
- Pode ser também aplicado em faixas de rodagem com menor número de vias de trânsito, como medida de acalmia de tráfego.

No concerne à sua profundidade, medida na direção de cada passagem de peões e em toda a respetiva largura, deve ser igual ou superior a:

- 1,5 m, de uma forma geral;
- 2,0 m, se no percurso de ligação entre as passagens houver mudanças de direção abruptas;
- 2,4 m, se o refúgio também servir uma ciclovia, ou se o tráfego pedonal for especialmente intenso.

Outro aspeto a observar prende-se com o percurso que liga as passagens de peões no interior do refúgio, o qual deve cumprir todos os seguintes requisitos:

- Estar à mesma cota que a faixa de rodagem, livre de ressaltos e rebaixamentos, se a distância entre passagens for inferior a 5,0 m;
- No enfiamento de cada uma das passagens, ter uma largura livre igual ou superior à da marca rodoviária M11 ou M11a;
- Se houver mudança de direção entre passagens, ter uma largura livre igual ou superior a 1,5 m na parte que não se localiza sobre nenhum dos enfiamentos referidos anteriormente;
- Ser delimitado por guarda-corpos nos pontos em que houver uma mudança abrupta de direção, de forma a evitar a entrada involuntária do peão na faixa de rodagem.

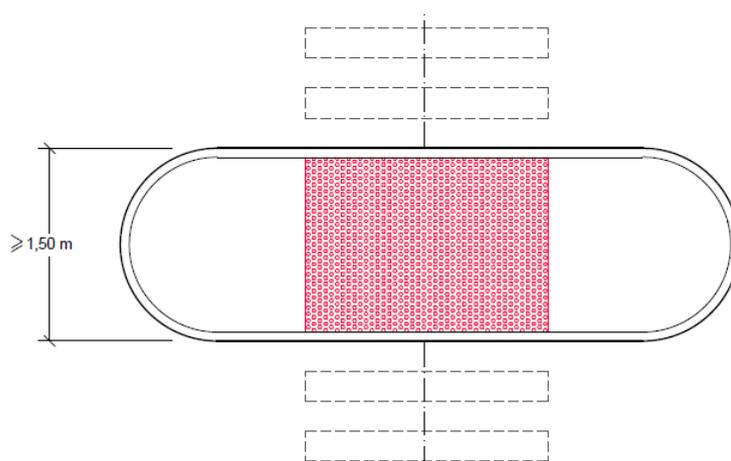


Figura 5.11 – Refúgio para peões (fonte: CML, 2012).

5.6 DESNÍVEIS NA REDE PEDONAL

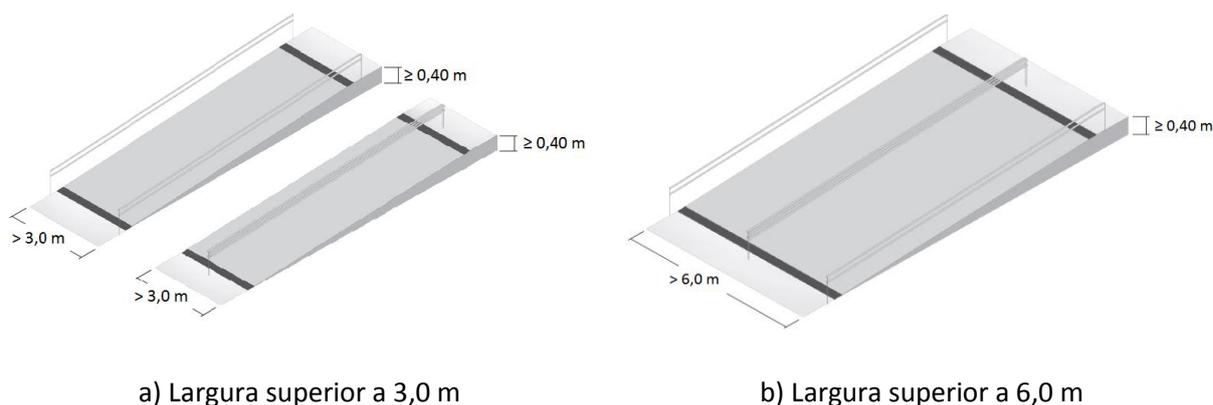
Na fase de conceção dos espaços pedonais, a inclinação transversal e longitudinal torna-se relevante na medida em que vai influenciar a deslocação de pessoas, principalmente as de mobilidade reduzida. No entanto, o critério de seleção das inclinações da rede pedonal está, em geral, condicionado pelas características topográficas do terreno, nomeadamente a inclinação longitudinal.

Os limites recomendados para as inclinações longitudinais e transversais dos passeios não devem ultrapassar os 5 % e 2 %, respetivamente, sendo que esta última inclinação contribui para o escoamento das águas superficiais conduzindo-as para o órgão de drenagem, por regra situado na faixa de rodagem junto ao lancil do passeio.

5.6.1 Rampas na Via Pública

As rampas situadas na via pública, Figura 5.12, devem ter a menor inclinação possível e uma largura mínima de 1,2 m, tornando-se, porém, recomendável uma largura livre de 1,5 m em relação a qualquer obstáculo. Conforme a abordagem existente no DL n.º 163/2006 sobre o assunto, as rampas na via pública devem satisfazer o especificado na secção dedicada a rampas nos edifícios ou estabelecimentos em geral, das quais importa salientar as seguintes condições:

- Se vencerem desníveis superiores a 0,40 m devem ter corrimãos de ambos os lados ou um duplo corrimão central, se a largura da rampa for superior a 3,0 m;
- Se vencerem desníveis superiores a 0,40 m devem ter corrimãos de ambos os lados e um duplo corrimão central, se a largura da rampa for superior a 6,0 m;
- Ter uma inclinação não superior a 6 %, vencer um desnível não superior a 0,60 m e ter uma projeção horizontal não superior a 10,0 m;
- Ter uma inclinação não superior a 8 %, vencer um desnível não superior a 0,40 m e ter uma projeção horizontal não superior a 5,0 m;
- Plataformas horizontais de descanso com largura não inferior à da rampa, comprimento não inferior a 1,50 m e nos locais com mudança de direção devem ter um ângulo igual ou inferior a 90°.



a) Largura superior a 3,0 m

b) Largura superior a 6,0 m

Figura 5.12 – Rampas na via pública (fonte: INR, 2006).

5.6.2 Escadarias na Via Pública

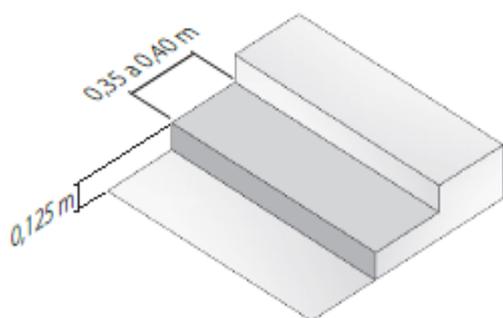
A presença de escadas na via pública, Figura 5.13, constitui motivo de atenção na circulação pedonal e, não raras vezes, representam um risco de queda para os peões, em particular para os de mobilidade reduzida, crianças e idosos.

De acordo com DL n.º 163/2006, as escadarias situadas na via pública devem satisfazer o especificado na secção dedicada a escadas nos edifícios ou estabelecimentos em geral, com evidência para o seguinte:

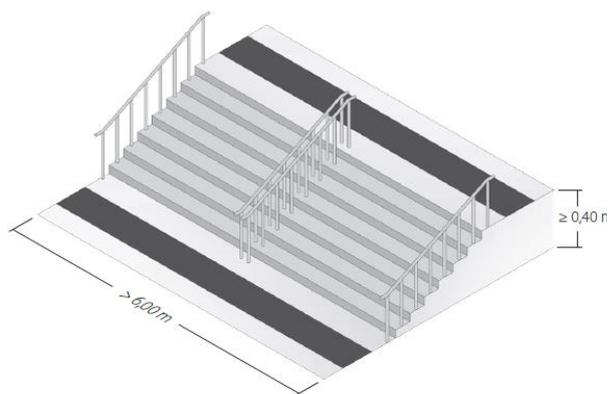
- Devem ser constituídas por degraus que cumpram as dimensões representadas na Tabela 5.2;
- Se vencerem desníveis superiores a 0,40 m devem ter corrimãos de ambos os lados ou um duplo corrimão central, se a largura da escadaria for superior a 3,0 m;
- Se vencerem desníveis superiores a 0,40 m devem ter corrimãos de ambos os lados e um duplo corrimão central, se a largura da escadaria for superior a 6,0 m;
- Não devem ter uma largura livre dos lanços, patins e patamares inferior a 1,2 m;
- Se os desníveis a vencer, medidos na vertical entre o pavimento imediatamente anterior ao primeiro degrau e o cobertor do degrau superior forem superiores a 2,4 m, é necessário colocar um patim intermédio com uma profundidade, medida no sentido do movimento, não inferior a 0,70 m;
- Os patamares superior e inferior devem possuir uma faixa de aproximação constituída por um material de revestimento com textura diferente e cor contrastante com o piso, recomendável com largura não inferior a 0,60 m.

Tabela 5.2 – Dimensões do degrau da escada.

Altura/espelho (m)	Comprimento/cobertor (m)
0,10	0,40 a 0,45
0,125	0,35 a 0,40
0,125 a 0,15	0,75
0,15	0,30 a 0,35



a) Dimensões do degrau da escada



b) Largura superior a 6,0 m

Figura 5.13 – Escadaria na via pública (fonte: INR, 2006).

CAPÍTULO 6

CASOS DE ESTUDO

6.1 REMODELAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS HIDRÁULICAS NA RUA DO LOUREIRO E NA RUA CHÃ

6.1.1 Introdução

A intervenção planeada para a rua do Loureiro e rua Chã visa a permuta, requalificação e beneficiação das infraestruturas existentes no subsolo, que implica a totalidade da área nestes arruamentos. Salienta-se que esta obra se apresenta de grande complexidade, uma vez que abrange justamente os três tipos de redes hidráulicas básicas, a saber: rede de abastecimento de águas, rede de drenagem de águas residuais e rede de drenagem de águas pluviais.

Esta obra é realizada em regime de empreitada com duração prevista de 120 dias, com início no dia 13 de fevereiro e término a 13 de junho, sendo o dono de obra a empresa Águas do Porto, E.M. e a entidade adjudicatária a Restradas – “Revitalização de Estradas do Norte LDA”. A fiscalização fica a cargo do contratante em parceria permanente com os serviços especializados da CMP, os quais assumem a incumbência de zelar pelo cumprimento das CTG do município do Porto. Ainda no domínio da supervisão e condução dos trabalhos há a registar a presença assídua de um arqueólogo, no intuito de detetar, identificar e registar as evidências de materiais no subsolo.

Em sede de licenciamento e no âmbito de preparação da obra solicitou-se às entidades detentoras das infraestruturas do local em estudo, o cadastro das redes existentes e a informação sobre eventual necessidade de intervenção. Em conformidade com o disposto no CRMP, não é autorizada qualquer intervenção nos arruamentos deste tipo nos cinco anos posteriores à sua finalização, com exceção de correção de avarias que possam ocorrer ao longo deste período.

Previamente ao início da obra, elaborou-se um exaustivo levantamento fotográfico da via pública e do edificado contíguo à área de intervenção, acompanhado do registo do número de polícia, no sentido de salvaguardar litígios que mais tarde possam ocorrer, designadamente por parte de moradores ou de comerciantes locais. Trata-se, pois, de recolher antecipadamente e com algum pormenor, evidências de

anomalias no interior de habitações ou de espaços comerciais, de forma a evitar reclamações e a imputação de responsabilidades decorrentes da obra a levar efeito.

O pavimento da rua do Loureiro está enquadrado na tipologia semirrígido, constituído por cubos de granito com arestas de 11 cm e intercalado com lajeado, disposto longitudinalmente ao centro do arruamento com unidades de granito de dimensões médias de 0,80 m de comprimento, 0,40 m de largura e 0,15 m de espessura, e lajeado assente transversalmente para travamento da calçada de 6,0 m em 6,0 m. O pavimento na zona contígua à estação de São Bento é diferenciado, recorrendo exclusivamente a lajeado em granito distribuído por toda a sua superfície, com as mesmas dimensões descritas anteriormente.

De referir que o pavimento antes de ser intervencionado, Figura 6.1, apresentava-se em bom estado de conservação e sem qualquer tipo de patologia evidente. O sistema de drenagem de águas pluviais (sumidouros) localiza-se no centro do arruamento, com uma inclinação transversal e longitudinal para o encaminhamento das águas existentes à superfície.



Figura 6.1 – Pavimento existente ao longo do arruamento.

A nova tubagem de abastecimento de águas a ser executada será em ferro fundido dúctil (FFD) com 200 mm de diâmetro para uma extensão total de 210 m. Este tipo de material é caracterizado por ser de grande longevidade, alta resistência a pressões, ao choque e à corrosão. A tubagem de águas residuais será em tubo grés com 200 mm de diâmetro, com uma extensão total de 150 m e tem como principais vantagens a elevada resistência a agentes químicos, boa resistência mecânica e flexibilidade nas juntas. Por último, a tubagem de águas pluviais será em betão, de classe 4, com 800 mm de diâmetro e compreende uma extensão de 150 m, tendo como vantagens as diversas gamas de resistências mecânicas, o preço competitivo e a elevada eficiência resultante da sua utilização.

Para uma melhor compreensão do que se refere, o Anexo III e a Tabela 6.1, expõem sucintamente os materiais, as dimensões e as profundidades médias que relacionam a superfície do pavimento com geratriz superior das tubagens das redes hidráulicas, bem como o número de caixas a construir.

Tabela 6.1 – Caracterização das redes hidráulicas.

Redes Hidráulicas	Abastecimento de águas	Águas Residuais	Águas Pluviais
Material da Tubagem	FFD	Grés	Betão
Diâmetro (mm)	200	200	800
Metragem (m)	210	150	150
Profundidade Média (m)	1,0	2,80	1,55
Número de caixas	-	7	6

6.1.2 Enquadramento do Local da Obra

6.1.2.1 Localização geográfica

O arruamento em estudo, representado na Figura 6.2, está situado no concelho do Porto, na união das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória, mais propriamente na freguesia da Sé. Nas suas proximidades situa-se a célebre estação ferroviária de São Bento e a estação metropolitana de São Bento, que concentra neste local da cidade um grande fluxo de pessoas, bens e serviços. A extensão total da obra é de 150 m em toda a faixa de rodagem.

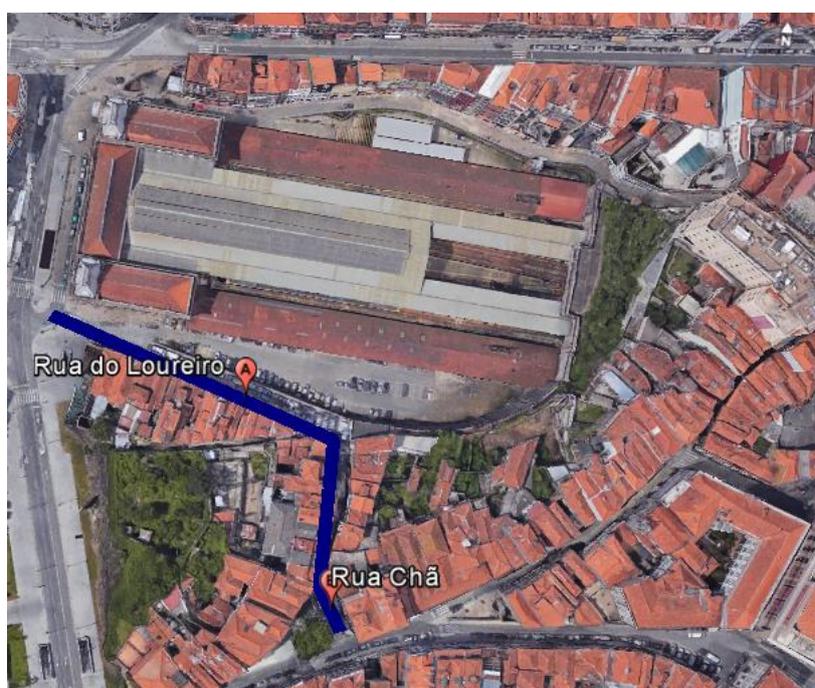


Figura 6.2 – Extensão total de obra na rua do Loureiro e na rua Chã (fonte: Google Earth, 2017).

6.1.2.2 Classificação: ordenamento do território

Carta de Hierarquia Rodoviária

De acordo com o PDM do Porto Título IV, no Capítulo III, na Secção III e artigo 52.º, a rede viária da rua do Loureiro e da rua Chã é classificada como ruas de provimento local, Figura 6.3. A finalidade desta classificação pretende privilegiar o acesso e circulação pedonal a habitações, comércio e outras atividades em detrimento da passagem de veículos, compatibilizando o estacionamento tolerado e cargas/descargas.

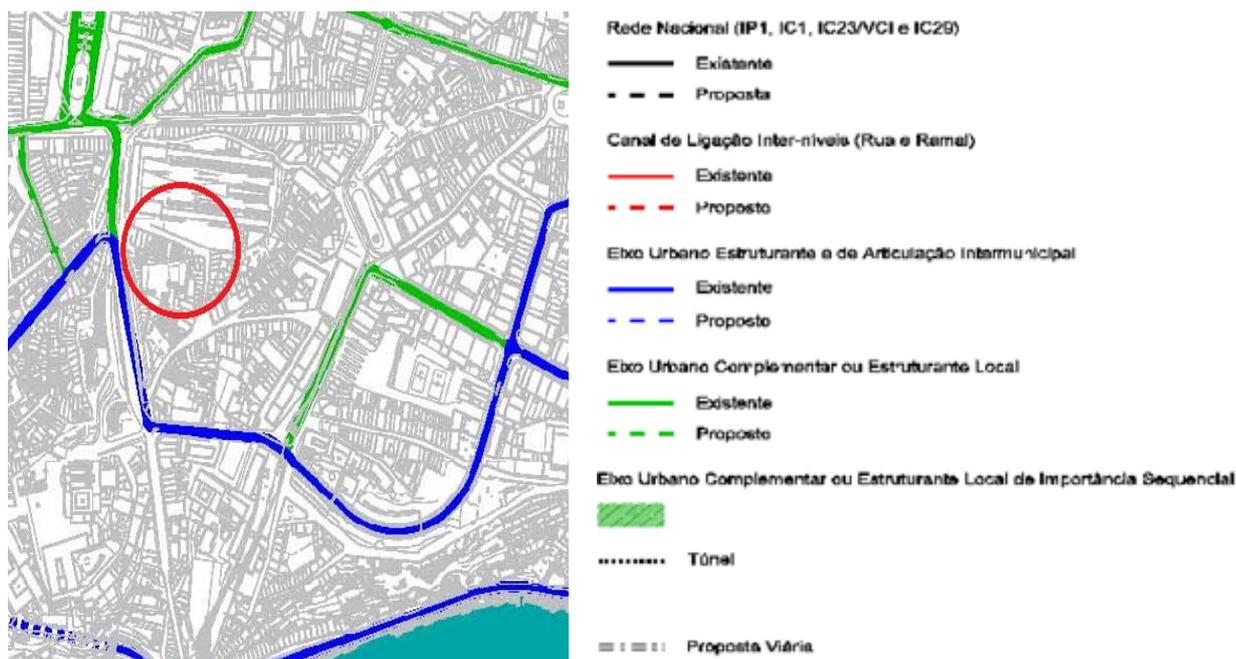


Figura 6.3 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).

Carta de Qualificação do Solo

Em conformidade com o PDM do Porto Título III, no Capítulo II e na Secção I - Áreas históricas, o local da obra está situado na zona do centro histórico do Porto, Figura 6.4, em que são representados os bens do património mais antigos da cidade, sendo necessário preservar e requalificar a sua estrutura e projeto arquitetónico.



Figura 6.4 – Planta da carta de qualificação do solo (fonte: CMP, 2017).

Carta do Património

Segundo o PDM do Porto Título IV e no Capítulo II, o local em apreço é caracterizado como uma zona de proteção de interesse municipal, Figura 6.5. A zona em estudo é uma zona automática de proteção (ZAP) que corresponde aos perímetros das zonas de proteção de 50 m de imóveis classificados ou em vias de classificação para os quais não estão estabelecidos nas zonas especiais de proteção. Este arruamento está localizado junto a um imóvel de interesse patrimonial, mais concretamente a estação ferroviária de São Bento, sendo necessário a tomada de medidas tendentes à sua proteção e valorização, aquando das intervenções de requalificação na área, dado o grande interesse arquitetónico, histórico e ambiental que comporta.



Figura 6.5 – Planta da carta de património (fonte: CMP, 2012b).

6.1.3 Descrição dos Trabalhos e Equipamentos Usados em Obra

1º Mês – fevereiro

Na fase inicial, a prioridade foi inteiramente dedicada à criação de meios de segurança e de proteção dos moradores, intervenientes da obra e público em geral, tendo-se simultaneamente providenciado a implementação da sinalização de obras, que foi alvo de estudo prévio (planeamento) entre os intervenientes diretos pela gestão da empreitada e o Departamento Municipal de Mobilidade e Gestão da Via Pública da CMP, a partir do qual foram emitidos os licenciamentos necessários para os condicionamentos de trânsito e de estacionamento, ao longo das ruas do Loureiro e Chã. Consequentemente, procedeu-se à respetiva sinalização da zona de intervenção, à instalação das vedações tipo “bekaert” em toda a periferia da obra para confinar a área de intervenção, Figura 6.6, assim como à montagem provisória do estaleiro da obra, abrangendo nomeadamente, os projetos desta e o quadro pessoal interveniente.



a) Vedação tipo bekaert



b) Sinalização de obras

Figura 6.6 – Medidas de proteção e de sinalização.

Segundo as condições de projeto, está previsto privilegiar o reaproveitamento do pavimento existente, dado o bom estado de conservação, quer do lajeado quer dos cubos de granito. Para o efeito, após uma criteriosa operação de levantamento e remoção – o lajeado foi previamente numerado – estes materiais foram transportados para o estaleiro da empresa contratante, de modo a viabilizar mais tarde a sua reposição nas condições iniciais. Uma vez que os lancis existentes ao longo do arruamento irão manter-se no decorrer da obra, alertou-se também para a preocupação a ter com a sua conservação. Por outro lado, as novas tubagens de abastecimento de águas, águas residuais e águas pluviais foram transportadas, armazenadas e arrumadas no local da obra.

Para que os moradores e os comerciantes desta rua mantivessem as condições mínimas de utilização de água, foram executados e ligados os ramais domiciliários de abastecimento de água provisórios (bypass) e realizaram-se as respetivas sondagens a estes ramais, ao terreno e a outras infraestruturas existentes.

Na segunda semana, deu-se início à abertura da vala do primeiro troço e à demolição da galeria que ali passa, por meio de uma escavadora giratória assente sobre esteiras e com o apoio de uma unidade escavo-empurradora de menor dimensão, dotada de uma lâmina específica para movimentar e acondicionar a terra. O solo daqui retirado foi sendo transportado para vazadouro através de camiões. No passo seguinte avançou-se com a instalação dos coletores de águas residuais, pluviais e de abastecimento de água, mediante a ação daqueles meios mecânicos, como ilustrado na Figura 6.7.



a) Instalação da tubagem de águas residuais e pluviais



b) Instalação da tubagem de abastecimento de água

Figura 6.7 – Requalificação das redes hidráulicas.

A instalação das novas tubagens está condicionada pela permanência de outras infraestruturas existentes no subsolo, como por exemplo, cabos de abastecimento elétrico para habitações e cabos de telecomunicações, como ilustra a Figura 6.8. A sua posição e profundidade são ajustadas consoante o espaço agora disponível e das dimensões dos próprios coletores. A profundidade média, a partir do extradorso superior da tubagem, é de 1,55 m para os coletores de águas pluviais, 2,80 m para os coletores de águas residuais e 1,0 m para os coletores de abastecimento de água.



Figura 6.8 – Infraestruturas existentes.

Antes do procedimento da fase de aterro tornou-se necessário executar diversos trabalhos preliminares, como a limpeza da área, desvio da água do local do trabalho e a regularização do solo existente. A área em causa deve estar isenta de detritos orgânicos, como ramos, folhas, raízes, troncos e ervas.

A camada de leito do pavimento é composta por areia de pedra e de ABGE (cor amarela), conforme os pormenores construtivos para o aterro das respetivas valas, incidindo em primeiro lugar a camada de areia no leito de assentamento e na envolvente dos novos coletores, sendo depois aplicado o agregado para enchimento da vala, por camadas de 0,20 m de espessura. Em simultâneo com o aterro da vala, foram colocadas as fitas sinalizadoras referentes às diversas tubagens para a sua identificação. Após a aplicação de cada camada, o solo é compactado através de um cilindro de rolos de rasto liso com sistema vibratório e de um compactador de percussão ligeiro (saltitão) para um melhor reajustamento das suas partículas.

2º Mês – março

No decurso da obra, prosseguiu-se com a escavação de outros troços, repetindo-se genericamente as etapas descritas anteriormente, das quais merece relevância as mais importantes: demolição da galeria, colocação dos coletores de águas residuais, pluviais e de abastecimento de água. Adicionalmente, foram construídas caixas visitáveis referentes às redes de drenagem de águas residuais e pluviais. Em relação às águas residuais, Figura 6.9, o seu faseamento obedece à seguinte metodologia:

- Preparação da base com a colocação de ABGE ou brita com 0,15 m (no mínimo);
- Ensoleiramento em betão com 0,20 m de espessura;
- Blocos maciços de betão e argolas de betão para alcançar a altura necessária pretendida;
- Cone pré-fabricado concêntrico e excêntrico em betão;
- Implementação de degraus para permitir o seu acesso;
- Acabamentos interiores: realização de meias canas e reboco afagado com acabamento à colher (impermeabilização);
- Assentamento/cravação de aro e tampa em ferro fundido com a classe D400, aquando da realização da camada final da faixa de rodagem, dado que estas terão que acompanhar os perfis dos arruamentos, transversal e longitudinal.



a) Argolas de betão pré-fabricadas



b) Cone pré-fabricado excêntrico

Figura 6.9 – Processo de montagem da caixa de águas residuais.

A construção das caixas visitáveis de águas pluviais, Figura 6.10, orienta-se segundo a seguinte ordem de trabalhos:

- Preparação da base com a colocação de ABGE ou brita com 0,15 m (no mínimo);
- Ensoleiramento em betão com 0,20 m de espessura;
- Execução de caixa de ligação (ligação do ramal ao coletor) em blocos maciços de betão;
- Instalação de pia sifonada numa base preparada (regularizada com brita e betão) – a descarregar na caixa;
- Acabamentos interiores, designadamente, remates e reboco afagado com acabamento à colher (impermeabilização);
- Aplicação de lajeta sobre a caixa de ligação em betão armado;
- Cravação de grelha (D400 – em faixa de rodagem), após execução de aumento (“garganta”) em betão armado – ferros cravados na pia sinfónica.



a) Execução da caixa de ligação



b) Vista final

Figura 6.10 – Processo de montagem da caixa de águas pluviais.

Seguidamente, como camada de sub-base e base, foram aplicadas duas camadas de 0,20 m de espessura de ABGE (cor azul) sobre o leito do pavimento, como é perceptível na Figura 6.11. Após compactação da primeira camada (sub-base), foram iniciadas as fundações em betão para as algumas unidades de cantaria – guias, lancis e lajeado.



Figura 6.11 – Camada de sub-base e base sobre o leito pavimento.

O trabalho realizado neste mês atingiu uma extensão de 110 m até à curvatura da rua, representado no ponto 5 da planta da rede de abastecimento de água (Anexo III), tendo ficado assente todo o equipamento hidráulico e concluído todo o processo de compactação. No ponto de curvatura da via, realça-se a colocação das caixas de vista e de ligação para obviar as mudanças de direção.

As vedações e respetivos avisos de passagem de peões, Figura 6.12, foram sucessivamente prolongados na restante área a intervir e ainda instalados os sistemas domiciliários de abastecimento de água provisório para as habitações e lojas envolventes.

Como condicionantes desta extensão do arruamento, menciona-se o inconveniente da rua apresentar grande inclinação, dificultando todo o processo de escavação, aterro e colocação da tubagem. É importante referir a presença contínua de uma galeria em pedra, que foi substituída nos termos previstos pelo novo coletor de águas pluviais. A agravar a situação, é de registar que a obra se desenrola na proximidade da estação ferroviária (Estação de São Bento), integrada numa zona habitacional, comercial e de afluência turística, ou seja, sujeita a grande densidade populacional.



a) Prolongamento da vedação



b) Galeria em pedra

Figura 6.12 – Trabalhos de demolição.

3° Mês – abril

As condições de segurança e os condicionamentos de trânsito e de estacionamento foram mantidas, facultando o levantamento do pavimento de mais um troço, contíguo à curva, a que se seguiu a escavação do solo existente através de uma escavadora giratória assente sobre esteiras com dimensões inferiores á utilizada no mês anterior, dado que a reduzida largura da secção do arruamento entre as habitações do lado poente e nascente condiciona substancialmente a manobra do equipamento de escavação.

Tal como no troço anterior, a galeria primitiva continuou a ser destruída dando lugar à nova tubagem de águas pluviais e, sequentemente, à substituição das tubagens de águas residuais e de abastecimento de águas.

De notar que foi instalado na mesma profundidade do coletor de águas pluviais um coletor adjacente de menor dimensão, para reforçar a capacidade de descarga dos condutores prediais, o qual fica interligado ao coletor principal através da caixa de ligação situada na transição da curva. Na Figura 6.13 está assinalada essa tubagem.



a) Coletor adjacente de águas pluviais



b) Escavação da vala

Figura 6.13 –Escavação ao longo do arruamento.

A fase seguinte consiste no enchimento da camada do leito de pavimento e das camadas de sub-base e base, com as respetivas operações de rega. As caixas de saneamento e pluviais continuaram a serem construídas ao longo do arruamento com o seu acabamento específico.

Entretanto, os ramais de ligação na rua do Loureiro foram instalados, sendo que na parte de cima da rua as habitações em ambos os lados tornam a operação penosa, quando comparada com o troço inferior onde só existem construções de um lado.

Na segunda e terceira semana deste mês realizaram-se os ensaios de controlo de compactação com recurso ao gamadensímetro, cujo os resultados são indicados na Tabela III.1 e Tabela III.2 do Anexo III.

Após os ensaios ao terreno e às tubagens foram executadas as fundações em betão no centro do arruamento na direção longitudinal e nos espaços transversais estipulados no projeto para receber o lajeado. Tal facto, obriga a rebaixar a camada de base em 0,10 m. O faseamento da implantação deste trabalho, Figura 6.14, é exposto conforme o seguinte:

- Regularização e compactação da camada granular subjacente;
- Aplicação da fundação contínua ao longo do arruamento com 0,10 m de betão C16/20 e o seu respetivo nivelamento;
- Assentamento do lajeado com argamassa de cimento e areia fina com traço 1:3 com 3,0 cm de espessura;
- Colmatação de juntas com argamassa de cimento e areia (“goma” de cimento) com traço 1:2 e 0,05 m de espessura;
- Diversos acabamentos no topo do lajeado e posicionamento correto da sua inclinação longitudinal e transversal.



a) Regularização da camada subjacente



b) Assentamento do lajeado

Figura 6.14 – Implantação do lajeado em granito.

As principais condicionantes que a intervenção se confrontou na implementação deste troço final da obra, Figura 6.15, foram as seguintes:

- Impossibilidade de usar cilindros de maior dimensão/potência devido à proximidade do edificado, dado o risco das elevadas vibrações poderem provocar possíveis fendilhações nas habitações;
- Perante a circunstância de se tratar de um arruamento muito estreito, foi-se deparando com sérias dificuldades na manobra das máquinas giratórias e do camião para transporte de terras. Interessa referir que as passagens de peões eram bastante precárias, contendo obstáculos e desníveis ao longo do percurso, como por exemplo, a sobrelevação acentuada no pavimento causado pela instalação dos sistemas provisórios de abastecimento de águas;

- Na transição da rua do Loureiro com a rua Chã, a tubagem das águas pluviais e abastecimento de água terminaram à cota prevista no projeto, enquanto que o coletor de águas residuais foi cerca de 9,0 m mais à frente, a fim de intercetar uma caixa de saneamento ali existente. Para isso, tornou-se necessário aumentar a área de escavação e demolir parte da galeria que colidia com a instalação do coletor. Quanto à interseção das águas pluviais com a galeria que desce a rua Chã, a intervenção anterior obrigou a reconstruir a mesma com blocos maciços de betão, de maneira a adaptar-se uma solução para a ligação das águas pluviais;
- Para assegurar a ligação dos ramais prediais à nova conduta na rua Chã, a escavação levada a cabo foi de natureza manual, ao invés do que sucedia anteriormente, em virtude do número imprevisto de cabos de abastecimento elétrico e de telecomunicações que desordenadamente ali se encontravam, inviabilizando o uso meios mecânicos;
- O assentamento do lajeado e dos cubos mereceu especial atenção, por forma a cumprir as necessidades de inclinação previstas em projeto, garantindo o escoamento das águas pluviais até ao órgão drenante, situado ao centro do arruamento.



a) Constrangimento do espaço entre as habitações



b) Infraestruturas existentes no subsolo

Figura 6.15 – Condicionantes da obra.

4º Mês – maio

Nesta fase final da obra concluiu-se a fundação em betão em todo o arruamento e a aplicação do lajeado de granito, tanto na direção longitudinal como na transversal. À medida que é consumado o assentamento do lajeado, uma equipa de calceteiros composta por dois trabalhadores procede ao assentamento dos cubos de granito ao longo de toda a extensão da obra, Figura 6.16. Estes cubos são assentes numa camada de areia de 4,0 cm, dispostos em espinha, com os fios de referência para as diversas fiadas, de forma a providenciar o preenchimento de juntas com areia misturada com pequenos agregados (gravilha). Esta areia é espalhada manualmente com uma vassoura para melhorar a penetração nos vazios existentes nas juntas, sendo depois compactados através de um cilindro de rolos de rasto liso

com sistema vibratório ou por uma placa vibratória. A colmatação de juntas materializada com areia e pequenos agregados, justifica-se para contrariar o arrastamento das partículas finas em período de chuva, situação que tem tendência a ocorrer quando se dá o escoamento de águas em ruas de acentuada inclinação, fenómeno que deixaria as juntas vazias se o agregado mais grosso não permanecesse entre os cubos.



a) Assentamento dos cubos



b) Colmatação de juntas

Figura 6.16 – Implantação de cubos de granito.

A Figura 6.17 representa um pormenor tipo sobre as especificações técnicas da vala do caso em estudo, nomeadamente o posicionamento e profundidades das tubagens, espessuras das camadas do solo e a camada superficial, composta por cubos de granito e lajeado na zona central.

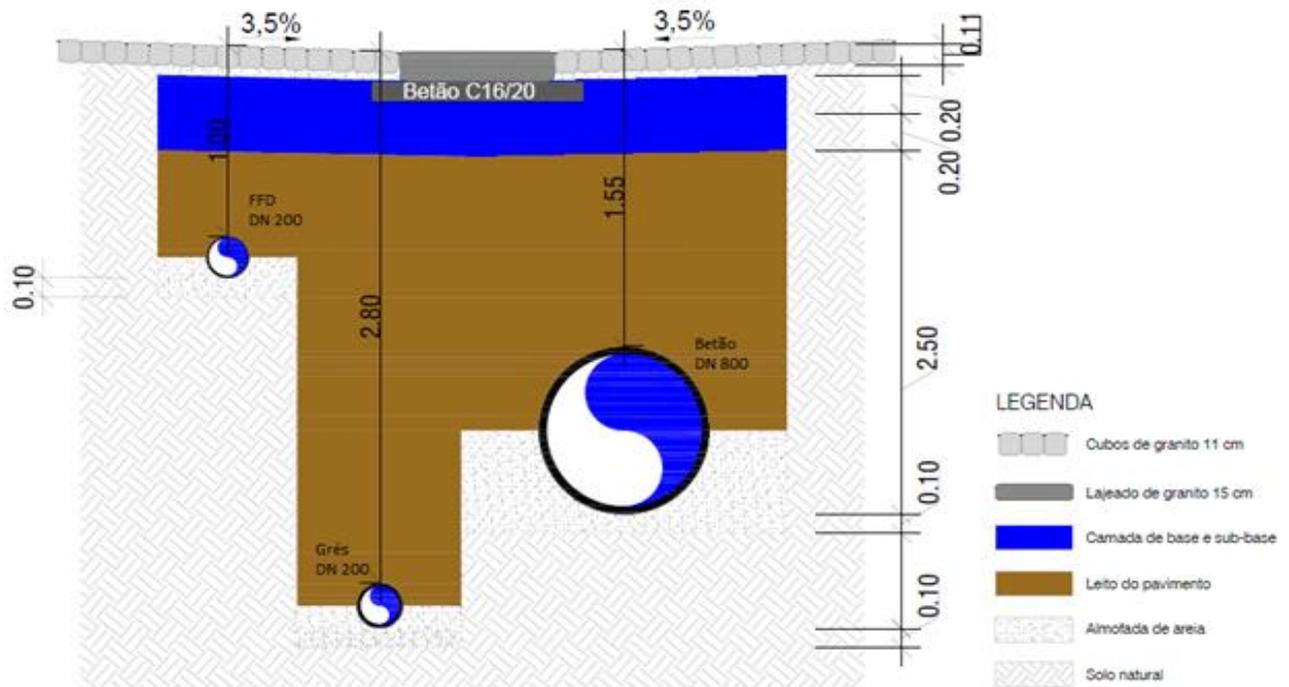


Figura 6.17 – Pormenor da vala na rua do Loureiro.

Na parte de baixo da rua do Loureiro, junto à estação de São Bento, procedeu-se à aplicação de um reforço em malha sol (malha electrosoldada disposta em duas direções ortogonais), com o objetivo de reforçar a resistência do pavimento, evitando assim o aparecimento de fendas e aumentando a capacidade de carga. Colocada a malha de aço, seguiu-se o seu preenchimento com betão, processando-se depois o assentamento do lajeado, Figura 6.18.



a) Instalação da malha sol



b) Aplicação do betão

Figura 6.18 – Fundação para o pavimento em lajeado de granito.

Em face do que se encontra contemplado no projeto arquitetónico, foram tomadas as seguintes medidas para a execução dos passeios em betão liso na rua Chã (Figura 6.19):

- Aplicação da base de fundação em ABGE com 0,15 m de espessura e a respetiva regularização e compactação;
- Limpeza da área de aplicação do betão e remoção todo o tipo de detritos orgânicos;
- Colocação da camada de desgaste em betão C16/20 com 0,15 m de espessura;
- Aplicação do endurecedor de superfície para prolongar a vida útil do pavimento;
- Uso de régua de nivelamento e acabamento afagado com rolo de pintura;
- Execução de juntas de dilatação longitudinais e transversais com cerca de 80 % da espessura do betão para evitar ocorrências de fendilhação.



a) Descarga do betão



b) Regularização da superfície de desgaste

Figura 6.19 – Execução de passeios em betão liso.

No termo da obra, por forma a retomar a atividade corrente neste espaço, procedeu-se às tarefas habituais de desmontagem do estaleiro, levantamento e transporte da vedação, remoção da sinalética e limpeza final de toda a área intervencionada. Em consequência, ficaram igualmente criadas as condições normais propícias à movimentação de pessoas, circulação de veículos e de estacionamento nas zonas indicadas, Figura 6.20. As acessibilidades às habitações e lojas comerciais foram também restabelecidas.



Figura 6.20 – Área intervencionada concluída.

A Figura 6.21 representa um gráfico de anel, com o propósito de estabelecer em termos comparativos as atividades desenvolvidas semanalmente. A análise do gráfico permite concluir que entre a semana 5 e a semana 9 (contém as três últimas semanas de março e as duas primeiras de abril) incide grande parte dos trabalhos realizados, cuja concentração se traduziu na redução do período previsto para esta obra.

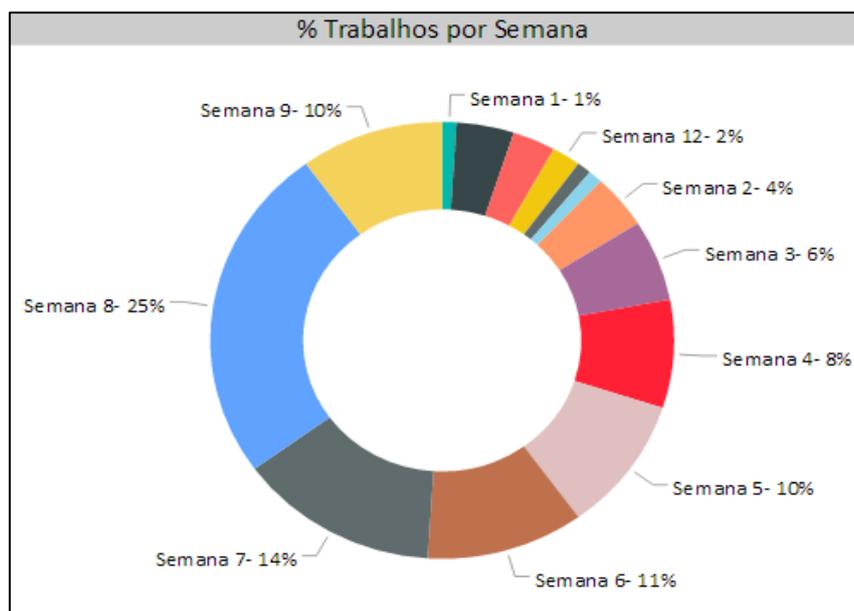


Figura 6.21 – Percentagem dos trabalhos por semana.

6.1.4 Metodologia dos Ensaios

6.1.4.1 Ensaios In Situ

O ensaio não destrutivo do solo é realizado pelo método nuclear radioativo e recorre a um equipamento designado por gamadensímetro, que é utilizado correntemente nos ensaios de controlo de compactação para determinar no terreno, o teor em água e o grau de compactação das camadas do solo que foram previamente compactadas.

Este equipamento proporciona a realização de uma série de ensaios com rapidez, simplicidade, baixo custo e assegura boa confiabilidade estatística. Por outro lado, tem a desvantagem de não disponibilizar nenhuma amostra física, emitir radiação e de não ser tão preciso como outros aparelhos mais sofisticados para testes de medição em campo. Os seus aspetos menos fiáveis e que podem interferir na medição dos resultados são a perda da eficácia da calibragem, a irregularidade da superfície do terreno e a proximidade de infraestruturas ou de rochas, situações que devem ser precavidadas antes dos ensaios.

A medição dos diversos parâmetros é realizada através de três métodos (Figura 6.22) de aplicação das fontes radioativas:

- Transmissão direta: consiste em introduzir a ponteira num furo executado na camada superficial, até à profundidade limite proporcionada pelo equipamento, pois é um método dirigido a avaliar o interior da camada do solo. A fonte dos raios gama e o recetor (ponteira) não se encontram no mesmo plano;

- Transmissão indireta: dirige-se exclusivamente à camada que está em contacto direto com o aparelho, isto é, à camada superficial, onde as fontes dos raios gama e os detetores estão todos no mesmo plano;
- Medição do teor em água: avalia o interior da camada do solo, em que a fonte de neutrões e o recetor permanecem dentro do densímetro, sobre a superfície do material a analisar.

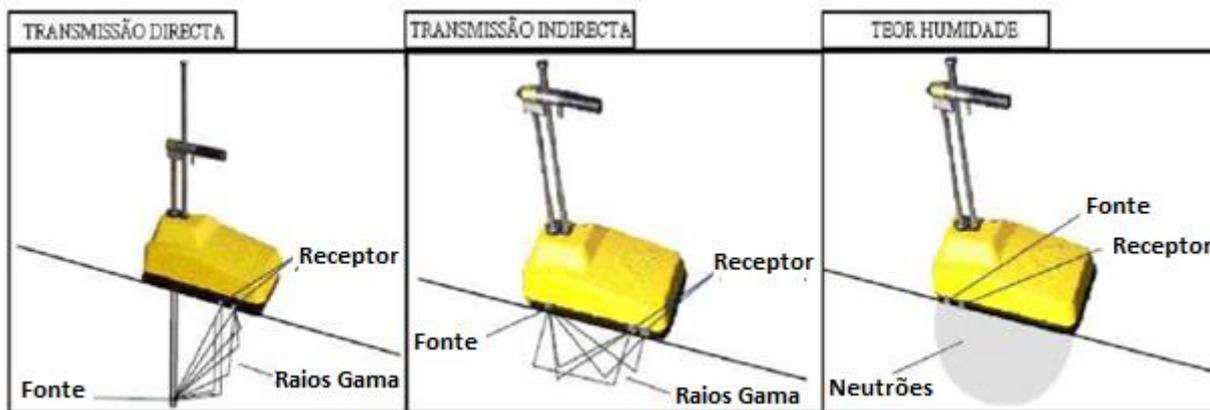


Figura 6.22 – Métodos de aplicação das fontes radioativas (fonte: Domingues, 2016).

No caso concreto da obra da rua do Loureiro, para além de um gamadensímetro com marca Troxler e modelo 3440, as medições foram apoiadas noutras ferramentas auxiliares, a saber:

- Ponteira – utilizado para a abertura do furo e leitura;
- Martelo de dupla face – usado para cravar a ponteira no solo compactado;
- Placa guia de perfuração – utilizada para localizar e guiar a ponteira no solo compactado, bem como posicionar e nivelar do gamadensímetro;
- Extrator da ponteira – é uma ferramenta usada para extrair a ponteira do solo compactado.

Em sequência da compactação das duas camadas do solo com um cilindro de rolos de rasto liso e de um compactador de percussão ligeiro, ou seja, com a superfície devidamente nivelada, sucedeu-se a fase de ensaios em pontos pré-definidos em consenso pelo estagiário e o fiscal da CMP, Figura 6.23. Nesta intervenção, importa salvaguardar que o aparelho principal que centraliza esta ação se encontre em plenas condições de calibragem, validadas previamente pela fiscalização, a fim de ser manobrado por um operador especializado e que cumpra a regulamentação existente sobre a emissão dos raios gama.



a) Camada de base



b) Equipamento Troxler - 3440

Figura 6.23 – Camada de base compactada.

Dos três métodos referidos anteriormente para medir a densidade dos materiais granulares, aplicaram-se neste caso, o de transmissão direta com a fonte cravada no solo (Figura 6.24) e o de transmissão indireta com o aparelho e a fonte sobre a superfície a ensaiar. Ambos os métodos fornecem, ponto a ponto, valores relativos ao grau de compactação, ao teor em água e às densidades seca e húmida, suscetíveis de sofrer influência perante os agregados de maiores dimensões ou dos vazios ao longo do percurso dos raios gama (transmissão direta), podendo ainda variar em função do peso volúmico seco e do teor em água do material nas imediações da superfície (transmissão indireta).



a) Execução do furo na camada



b) Valores obtidos

Figura 6.24 – Método de transmissão direta.

O ensaio foi subdividido em duas séries, realizado em dois dias diferentes e compreendeu um total de 50 pontos. O motivo de se ter recorrido à segunda série de ensaios, teve a ver com o facto dos resultados atingidos na primeira série terem sido considerados insuficientes, nomeadamente quanto ao grau de compactação que se revelou baixo. No Anexo III (Tabela III.1 e Tabela III.2) estão registados todos os valores dos ensaios, tanto os que foram realizados à superfície como os que recaíram sobre a

profundidade da camada de base. Os valores obtidos são passíveis de comparação com aqueles que constam na ficha técnica fornecida pela empresa adjudicatária.

A partir destes dados, procedeu-se ao seu tratamento estatístico, determinando-se a média, o desvio padrão e o coeficiente de variação relativamente ao teor de humidade, ao grau de compactação e à densidade seca. O cálculo do desvio padrão permite analisar a variação dos resultados em relação à média, enquanto que o coeficiente de variação compara a variação da média efetuada dos diferentes dados, excluindo a influência da ordem de grandeza da variável. Foram ainda elaborados histogramas para os três parâmetros principais, a partir dos dados obtidos nos pontos de ensaio, evidenciando as respetivas médias e os valores de referência.

A Figura 6.25 apresenta o número de ensaios realizados segundo os métodos de transmissão indireta (profundidade 0) e direta (profundidade 200 e 250 mm).

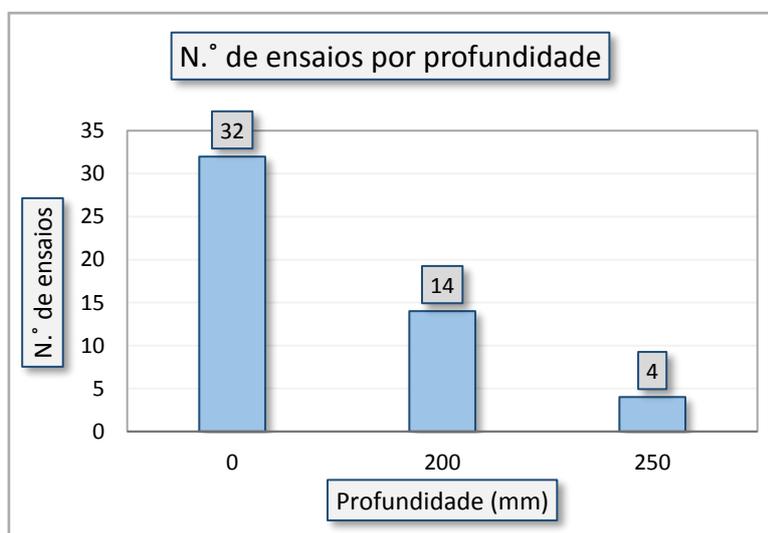


Figura 6.25 – Representação gráfica do número de ensaios por profundidade.

Em consonância com o gráfico acima, verifica-se que o método de transmissão indireta, aplicado na superfície no terreno, foi objeto de maior número de ensaios. Por sua vez, no método de transmissão direta, dirigido à profundidade da camada, efetuou-se um menor número de medições por se tratar de um processo mais laborioso.

Os valores que servem de referência ao controlo da compactação desta camada granular são de 95 %, 5,1 % e 2220 kg/m³ para o grau de compactação, o teor em água e a densidade seca, respetivamente. De notar que, enquanto o primeiro parâmetro está regulamentado nas CTG do município do Porto, os outros dois fazem parte da ficha técnica fornecida pela empresa adjudicatária, representada no Anexo III (Tabela III.3).

Na Tabela 6.2 estão mencionados os dados estatísticos relativos à primeira série de ensaios para cada parâmetro de medição do gamadensímetro, com a exceção do ensaio n.º 7. Na verdade, o grau de compactação deste ensaio ultrapassou os 100 %, que significa que o equipamento está posicionado sobre uma infraestrutura ou sobre rocha.

Tabela 6.2 – Dados estatísticos da primeira série de ensaios.

Parâmetros de Medição	Primeira série de ensaios		
	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação
Grau de Compactação (%)	94,3	3,6	3,9
Teor em Água (%)	4,8	1,1	22,3
Densidade Seca (kg/m ³)	2080	89,8	4,3

Comparando estes resultados com os valores de referência atrás citados, constata-se que:

- Grau de compactação – este parâmetro apresenta 50 % dos ensaios com valor inferior a 95 %. Os valores do desvio padrão e do coeficiente de variação são baixos, o que significa menor dispersão em relação à média, pelo que se considera que os resultados são homogêneos;
- Teor em água – existe uma concentração de ensaios, de 65 %, com valor menor que o teor ótimo de 5,1 %. Este é o parâmetro que apresenta maiores desvios entre os valores medidos pelo gamadensímetro, não só perceptível pelo alto resultado do coeficiente de variação (22,3 %), mas também pelo valor do desvio padrão ser relativamente próximo da média;
- Densidade seca – os ensaios apresentam globalmente valores análogos e pouco dispersos em relação aos valores médios.

A leitura desta série de ensaios permite afirmar que a compactação foi realizada segundo o ramo seco da curva de compactação, devido à medição dos ensaios relativos ao teor de água concentrarem-se abaixo do teor ótimo. Como constatado anteriormente, o grau de compactação aferido em boa parte dos pontos não atinge o valor mínimo especificado (95 %) pelas CTG, pelo que a ilação a retirar é que o equipamento compactador utilizado não efetuou o número de passagens necessárias, ou a sua potência/peso é reduzida.

Perante esta realidade, a fiscalização da obra impôs a condição de se repetir a operação de forma mais metódica, na tentativa de se obter um grau de compactação compatível com a regulamentação, razão pela qual se deu lugar a uma segunda série de ensaios. Na circunstância, a compactação foi consumada com uma maior frequência de passagens dos cilindros vibradores.

Na semana seguinte levou-se a cabo a segunda série de ensaios, cujos dados estatísticos estão representados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 – Dados estatísticos da segunda série de ensaios.

Parâmetros de Medição	Segunda série de ensaios		
	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de variação
Grau de Compactação (%)	97,3	3,5	3,7
Teor em Água (%)	4,7	0,93	20,1
Densidade Seca (kg/m ³)	2149	94,49	4,4

Os resultados agora apurados – exceção feita ao ensaio n.º 37 que também ultrapassou o grau de compactação de 100 % – permitem tecer os seguintes comentários:

- Grau de compactação – os resultados obtidos indicam que 85,7 % dos pontos medidos ultrapassam os 95 % indicados na regulamentação. Os valores do desvio padrão e do coeficiente de variação são idênticos ao da série anterior;
- Teor em água – com exceção do ensaio n.º 40 que registou o mesmo valor que o teor ótimo (5,1 %), verifica-se que a maior percentagem (67,8%) dos pontos medidos se situa abaixo daquela referência. O coeficiente de variação diminui em relação à primeira série de ensaios;
- Densidade seca – os ensaios apresentam valores similares aos da primeira série, sendo apenas de assinalar o aumento da média deste parâmetro.

A observação deste conjunto de valores permite constatar que, com o aumento do número de passagens dos cilindros, o grau de compactação melhorou significativamente do primeiro para o segundo ensaio, em especial nas medições efetuadas à superfície camada, ou seja, segundo o método de transmissão indireta, em que os valores dos ensaios se situam maioritariamente acima dos 95 %, Figura 6.26, conforme estabelecem as CTG. Somente quatro pontos ensaiados ficaram aquém do pretendido, sendo que três deles se situam nas medições em profundidade.

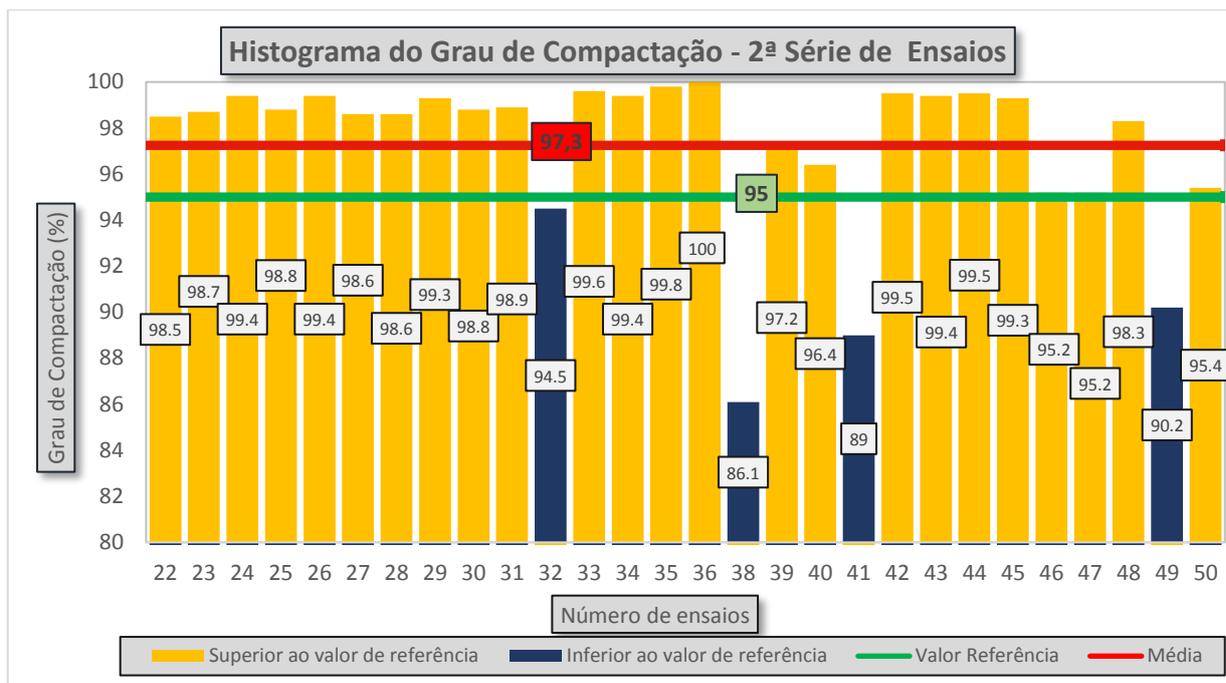


Figura 6.26 – Histograma do grau de compactação.

Quanto ao teor em água, os resultados gerais (Figura 6.27) voltaram a revelar-se abaixo do teor ótimo (5,1%), traduzindo que a compactação é realizada segundo o ramo seco da curva de compactação. A solução preconizada para contrariar este aspeto passaria por regar a camada através do recurso a um camião cisterna, mas dada a inclinação acentuada e o constrangimento de espaços do arruamento, não foi possível usar este meio. Em alternativa, a operação de rega foi efetuada com uma mangueira.

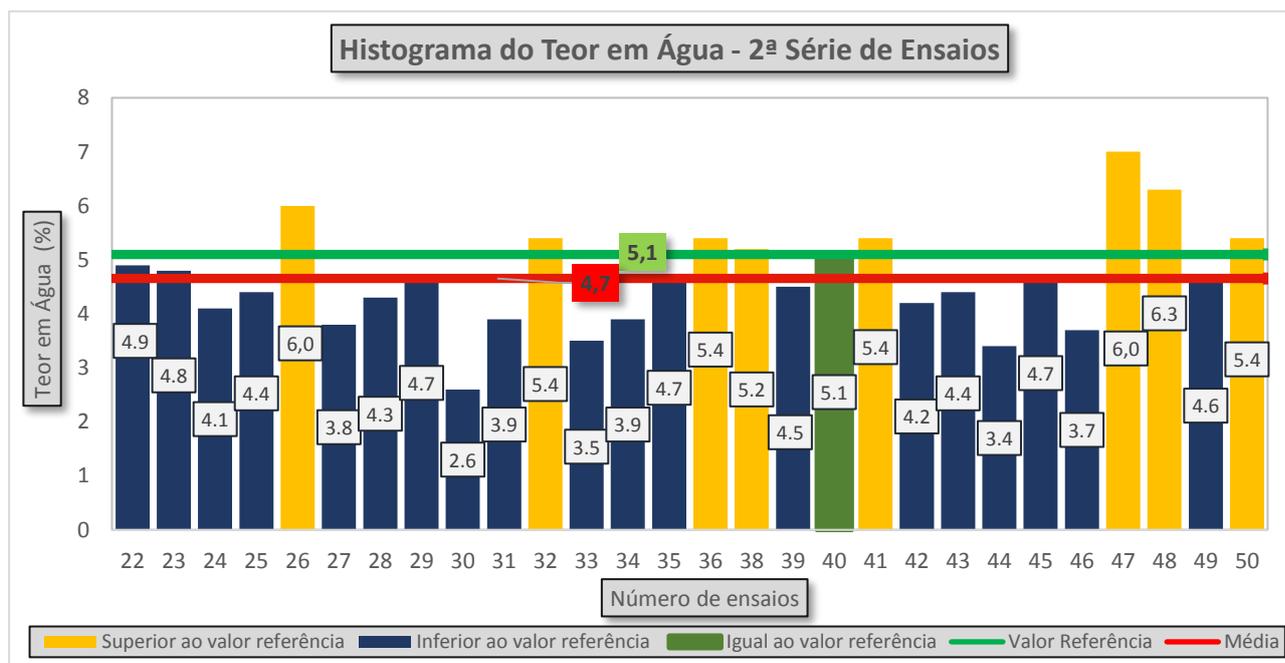


Figura 6.27 – Histograma do teor em água.

Atendendo a que no segundo ensaio se verificou uma melhoria significativa do grau de compactação, também os resultados gerais da densidade seca (Figura 6.28) subiram em relação ao primeiro ensaio, aproximando-se agora da densidade seca máxima.

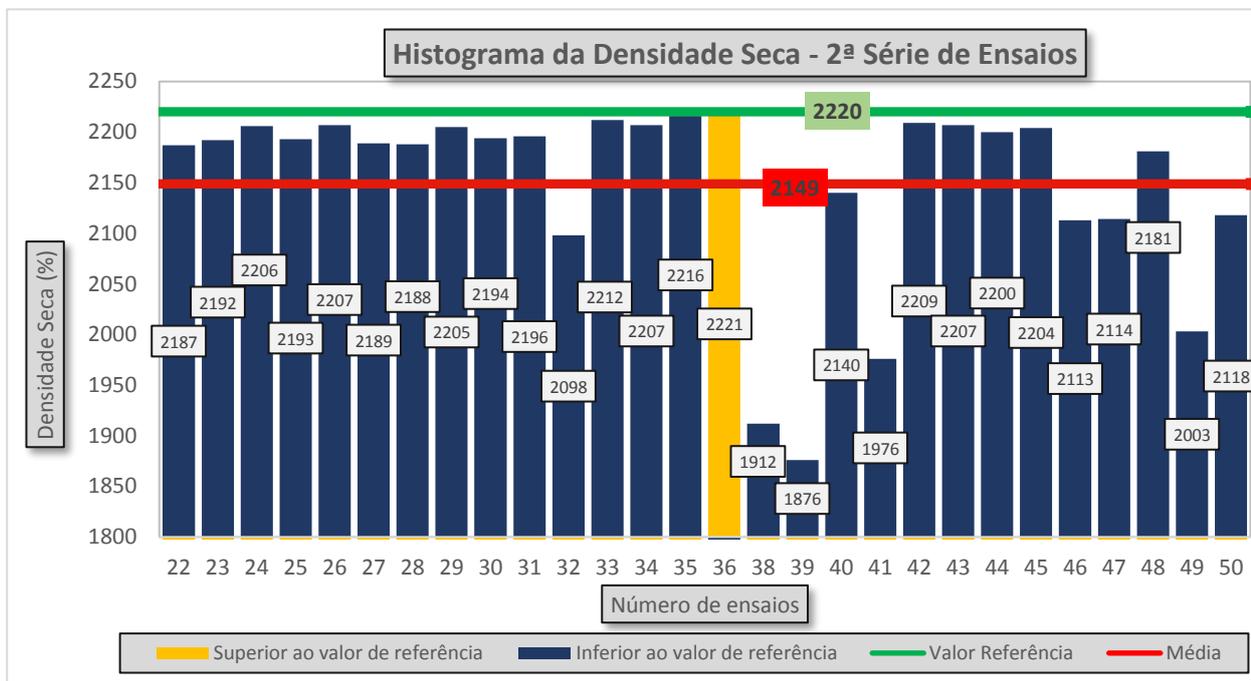


Figura 6.28 – Histograma da densidade seca.

A Figura 6.29 representa a relação entre o teor de humidade e a densidade seca para a segunda série de ensaios, através dos quais se verifica uma substancial concentração de pontos do lado esquerdo do teor ótimo de humidade e próximos do limite máximo estabelecido pelo ensaio Proctor para a densidade seca. Mediante esta constatação, a camada base representativa deste conjunto de pontos aferidos, deverá apresentar elevada resistência ao corte e variações praticamente nulas de pressão da água nos vazios do solo, quando submetidos a esforços de compressão.

A Figura 6.30 expressa a relação entre o teor de humidade e o grau de compactação para a segunda série de ensaios, com evidencia para o facto da maioria dos pontos se encontrarem acima do grau de compactação mínimo exigido.

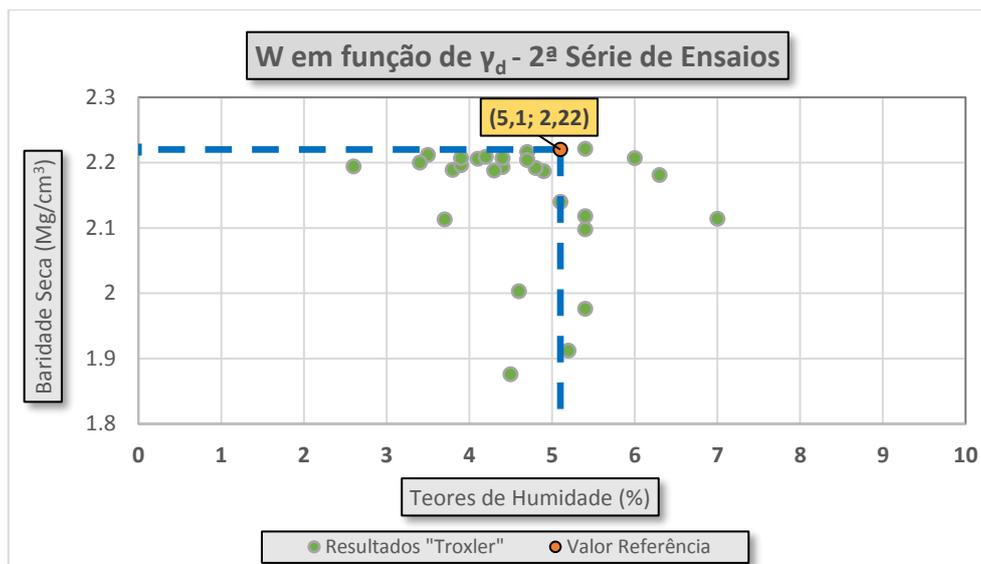


Figura 6.29 – Teor de humidade em função da baridade seca.

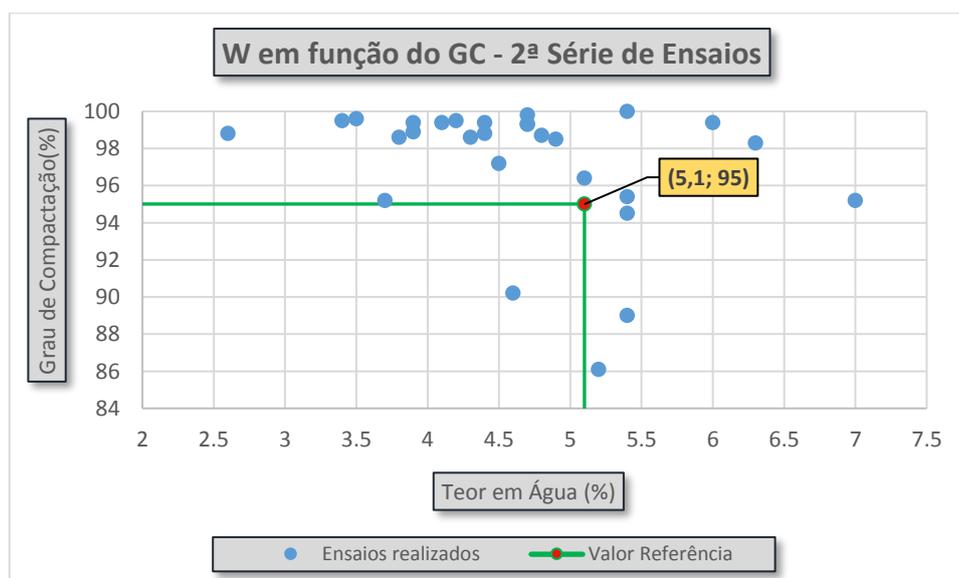


Figura 6.30 – Teor de humidade em função do grau de compactação.

6.1.4.2 Ensaio laboratoriais

Neste subcapítulo pretende-se analisar as características fundamentais dos agregados utilizados nas camadas de leito do pavimento, de sub-base e de base da obra em estudo, designados por ABGE (cor amarela) para a primeira camada do pavimento e por ABGE (cor azul) para as outras duas camadas que lhe estão sobrepostas, uma vez que ambas são constituídas pelo mesmo material.

As amostras recolhidas no local da obra foram transportadas para o laboratório de materiais de construção (LMC) do ISEP. Este material não dispõe de condições de utilização imediata para os ensaios laboratoriais a que se destina, tendo sido sujeito a uma preparação prévia, que passa por pesar a amostra

a ensaiar, ajustar o teor de humidade e separar o material em função das suas dimensões por peneiração a seco.

Como termo de comparação para os ensaios a realizar no LMC do ISEP, deve-se ter em conta as referências constantes na ficha técnica fornecida pela entidade adjudicatária e os requisitos definidos nas CTG do município do Porto, representadas no Anexo III (Tabela III.4) e no Anexo II (Tabela II.6, Tabela II.8 e Tabela II.9). De notar, que a ficha técnica indica apenas os valores respeitantes ao material da camada de base /sub-base. Ainda quanto às CTG, constata-se que na camada base, os requisitos dos agregados para camadas granulares são qualitativamente superiores aos da camada de sub-base.

O processo compreende o levantamento de uma grande quantidade de amostras recolhidas de forma aleatória, no sentido de tornar fiáveis os testes efetuados.

Importa, porém, sublinhar que todo este processo relativo ao enquadramento dos ensaios, baseia-se no quadro normativo explicitado na NP EN 13242. Esta norma especifica as propriedades dos agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária.

A identificação e caracterização dos solos foi consumada através de vários ensaios, salientando-se os seguintes:

- NP EN 933–1: Análise Granulométrica- Método peneiração;
- NP EN 1097–1: Determinação da resistência ao desgaste (micro-Deval);
- NP EN 1097–2: Métodos para a determinação da resistência à fragmentação (Los Angeles);
- NP EN 933–3: Determinação da forma das partículas – Índice de achatamento;
- NP EN 933–4: Determinação da forma das partículas – Índice de forma.

No Tabela 6.4 estão representados os diversos ensaios para os dois tipos de ABGE em estudo:

Tabela 6.4 – Ensaio realizados para os dois tipos de ABGE.

Ensaio laboratoriais	ABGE (cor amarela)	ABGE (cor azul)
Granulometria	✓	✓
Los Angeles	-	✓
Micro-Deval	-	✓
Índice de achatamento	-	✓
Índice de forma	-	✓

NP EN 933-1: Análise Granulométrica- Método peneiração

O ensaio da análise granulométrica é uma forma primária de identificação do solo e tem como objetivo a separação do material na passagem por um conjunto de peneiros, de malhas quadradas e com diferentes aberturas em ordem decrescente. Para um solo granular, o método convencional para designar a sua composição recorre ao método por peneiração, o qual permite determinar a percentagem da massa retida em cada peneiro relativamente à massa total da amostra. Este processo é implementado manual ou mecanicamente, através de movimentos de rotação ou de translação dos diversos peneiros.

Nas amostras recolhidas sujeitas a ensaio, a dimensão máxima do agregado foi de 31,5 mm. De acordo com a norma em questão, a massa mínima a ser utilizada nos ensaios com agregados até 32 mm, é de 10 kg. Assim, o ensaio da análise granulométrica do ABGE (cor amarela) foi realizado com uma amostra de 13 kg de massa, enquanto que o solo de ABGE (cor azul) envolveu uma amostra com uma massa de 15 kg. De referir que cada amostra foi submetida numa estufa a uma temperatura de 110°C, de forma a atingir uma massa constante, a partir da qual se tornou viável o processo de peneiração após o seu arrefecimento à temperatura ambiente. Para efetuar a análise granulométrica selecionaram-se os peneiros da série base e da série 2. Durante o ensaio pesou-se o material retido em cada peneiro numa balança de precisão com limites de erro de $\pm 0,1$ gr.

A Figura 6.31 mostra o equipamento utilizado no ensaio da análise granulométrica de cada provete das amostras analisadas.



a) Peneiro 20 mm



b) Peneiro 0,063 mm



c) Balança de precisão



d) Separação do material por dimensões

Figura 6.31 – Ensaio da análise granulométrica.

Por facilidade de compreensão, a Tabela 6.5 apresenta o valor-resumo dos ensaios efetuados na camada de leito do pavimento e na camada base/sub-base.

Tabela 6.5 – Valor-resumo dos ensaios.

Camada de Leito do Pavimento	Amostra Total
Dimensão Máxima do Agregado (mm)	31,5
Quantidade do Agregado (g)	13000
Quantidade Perdida (g)	52,8
Percentagem Perdida (%)	0,41%
Camada Base/Sub-base	Amostra Total
Dimensão Máxima do Agregado (mm)	31,5
Quantidade do Agregado (g)	15000
Quantidade Perdida (g)	57,4
Percentagem Perdida (%)	0,38%

Conforme se infere da tabela acima, a percentagem perdida de material em ambos os ensaios foi inferior a 1 % da massa total, os resultados acima em referência consideram-se válidos segundo a norma em apreço.

A Tabela 6.6 e a Tabela 6.7 indicam os resultados obtidos nas análises granulométricas realizadas às camadas do solo em causa, que relaciona a massa com a percentagem de material retido e passado em cada peneiro. De acordo com a norma em questão, a percentagem obtida ao longo dos peneiros expressa-se arredondada ao número inteiro mais próximo, com exceção da percentagem de finos que passa o peneiro 0,063 mm, que neste caso é arredondada à décima mais próxima.

Tabela 6.6 – Resultados obtidos na camada de leito do pavimento.

Peneiros (mm)	Curva 1- Camada de Leito do Pavimento				CTG
	Quantidade (g)	Retidos (%)	Retidos Acumulados (%)	Passados Acumulados (%)	Passados Acumulados (%)
63	0	0	0	100	100
40	0	0	0	100	100
31,5	264,7	2	2	98	80-99
20	1901,8	15	17	83	-
16	958,1	7	24	76	63-77
14	454,1	3	28	72	-
12,5	337,5	3	30	70	-
10	649,6	5	35	65	-
8	611,7	5	40	60	43-60
6,3	525,3	4	44	56	-
4	938,9	7	51	49	30-52
2	1488,4	11	63	37	23-40
1	1446,2	11	74	26	14-35
0,5	1167,3	9	83	17	10-30
0,25	972,9	7	90	10	-
0,125	614,3	5	95	5	-
0,063	347,5	3	98	2	2-7
P	268,9	2,1			
Σ	12947,2				

Tabela 6.7 – Resultados obtidos na camada de base/sub-base.

Peneiros (mm)	Curva 2- Camada de Base/Sub-base				CTG
	Quantidade (g)	Retidos (%)	Retidos Acumulados (%)	Passados Acumulados (%)	Passados Acumulados (%)
63	0	0	0	100	100
40	0	0	0	100	100
31,5	372,6	2	2	98	80-99
20	1812,2	12	15	85	-
16	1638,7	11	25	75	63-77
14	633,3	4	30	70	-
12,5	754,1	5	35	65	-
10	927,8	6	41	59	-
8	971,5	6	47	53	43-60
6,3	768,8	5	53	47	-
4	1089,2	7	60	40	30-52
2	1175,8	8	68	32	23-40
1	1109,8	7	75	25	14-35
0,5	1061,1	7	82	18	10-30
0,25	863,9	6	88	12	-
0,125	796,7	5	93	7	-
0,063	533,2	4	97	3	2-7
P	433,9	2,9			
Σ	14942,6				

Tendo como suporte os resultados obtidos nas tabelas anteriores, elaborou-se um gráfico de curvas granulométricas que facilita a análise rápida da granulometria do agregado e a deteção da eventual ausência de determinadas frações. Com efeito, a Figura 6.32 representa as curvas relativas à composição granulométrica dos solos nesta obra, sendo que a curva 1 e a curva 2 reportam-se a dados obtidos pelo LMC do ISEP e a curva 3 refere-se à ficha técnica da empresa. Para além disso, o gráfico mostra os limites previstos nas CTG do município do Porto para os fusos granulométricos relativos a cada peneiro. O eixo das abcissas estabelece as dimensões das aberturas dos peneiros em escala logarítmica e o eixo das ordenadas (principal e secundário) refere-se à percentagem do material passado e retido nos respetivos peneiros, em termos acumulados.

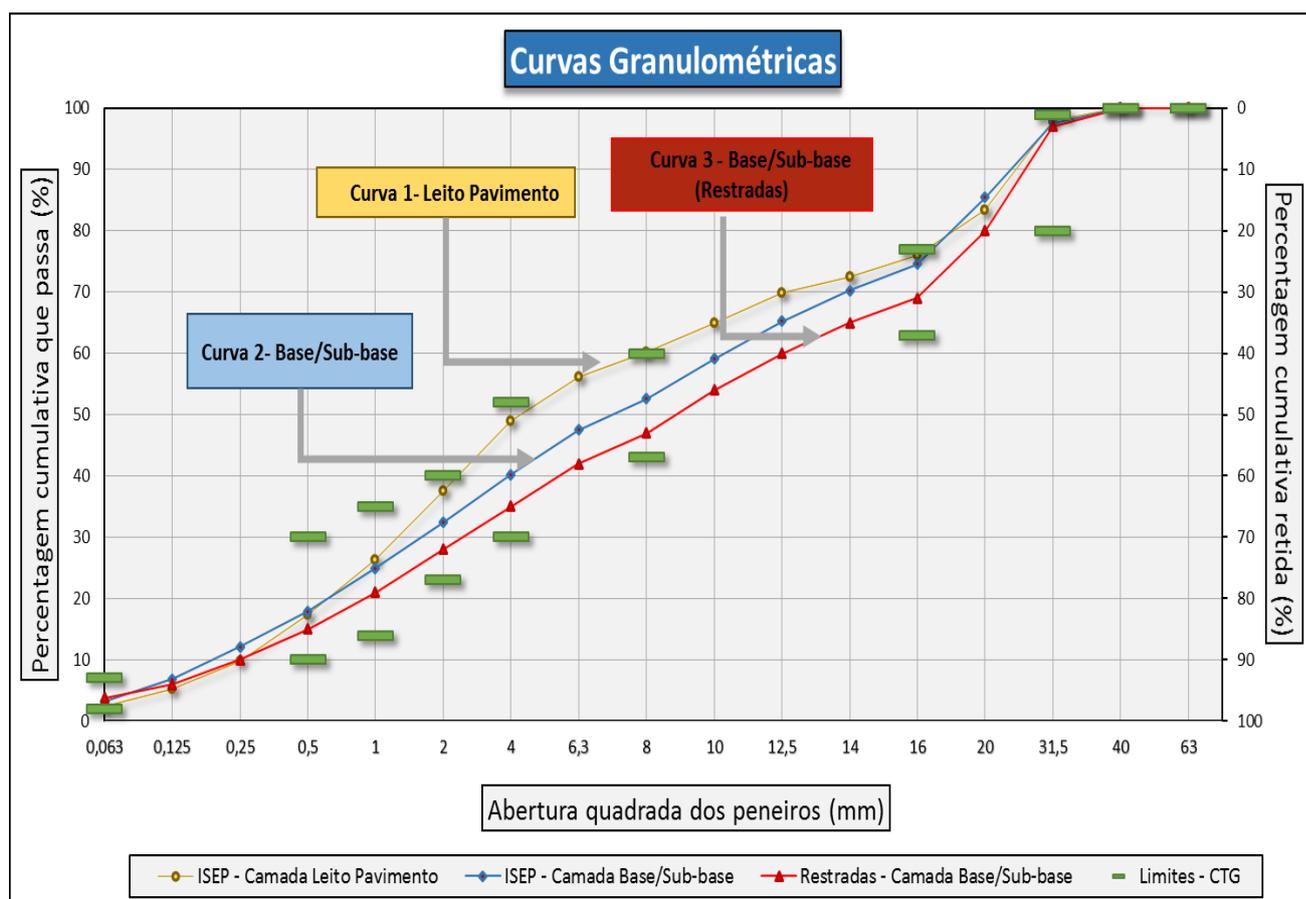


Figura 6.32 – Curvas granulométricas.

Na análise deste gráfico observa-se que a curva granulométrica relativa à camada do leito do pavimento, curva 1, apresenta um desvio em relação às outras duas e que a percentagem de material passado entre o peneiro de 2 mm e o de 16 mm aproxima-se dos limites superiores dos fusos granulométricos especificados pelas CTG.

No concerne às curvas 2 e 3 inerentes à camada de base/sub-base, elas apresentam um desenvolvimento granulométrico idêntico, traduzindo que a percentagem do material passado ao longo dos peneiros é semelhante entre eles, situação que vai de encontro aos resultados pretendidos. Todavia, a curva 2 distingue-se da curva 3 pelo facto de se encontrar mais afastada dos limites inferiores dos fusos granulométricos especificados pelas CTG.

Tanto na camada de leito do pavimento como na camada de base/sub-base, constata-se que os valores respeitantes aos ensaios em causa enquadram-se no intervalo dos limites previstos pelas CTG. Assim, conclui-se que o solo é constituído por material de diversas dimensões, permitindo que as partículas menores ocupem o espaço vazio entre as de maior diâmetro, ou seja, trata-se de um solo bem graduado, que propicia melhor resistência, compressibilidade e um menor índice de vazios da camada. Os solos com

estas características são tidos como estáveis em face de solicitações adversas, considerados por isso, os que apresentam melhor comportamento no âmbito da engenharia civil.

As CTG especificam que a dimensão máxima do solo constituinte da sub-base é de 75 mm e que a percentagem máxima de material passado no peneiro 0,074 mm (n.º 200) é de 15 %. Assim, em consonância com os ensaios realizados é possível afirmar que os valores obtidos para as curvas 2 e 3, estão em conformidade com os especificados nas CTG.

A Tabela 6.8 reporta-se aos requisitos gerais da granulometria referidos na NP EN 13242, categorizando os agregados em função das suas dimensões. Tal como referido anteriormente, ambos os agregados são de granulometria extensa, com dimensão máxima de 31,5 mm e contêm material fino que passa no peneiro 0,063 mm (d=0). Em ambos os solos, a percentagem de material passado no peneiro 31,5 mm é superior a 90 %, pelo que os solos pertencem à categoria granulométrica G_A85. Estes valores estão em concordância com o especificado na ficha técnica fornecida pela empresa.

Tabela 6.8 – Requisitos gerais para a granulometria (fonte: Quadro 2, NP EN 13242).

Agregado	Dimensão (mm)	Percentagem de passados, em massa					Categoria G
		2 D ^a	1,4 D ^{b c}	D ^d	d ^{c e}	d/2 ^{b c}	
Grosso	d ≥ 1	100	98 a 100	85 a 99	0 a 15	0 a 5	G _c 85-15
	e D > 2	100	98 a 100	80 a 99	0 a 20	0 a 5	G _c 80-20
Fino	d = 0	100	98 a 100	85 a 99	-	-	G _F 85
	e D ≤ 6,3	100	98 a 100	80 a 99	-	-	G _F 80
Granulometria extensa	d = 0 e D > 6,3	-	100	85 a 99	-	-	G _A 85
		100	98 a 100	80 a 99	-	-	G _A 80
		100	-	75 a 99	-	-	G _A 75

^a Para as frações granulométricas com D maior que 63 mm (por exemplo, 80 mm e 90 mm), apenas se aplicam os requisitos de retido relativos ao peneiro 1,4 D dado não existir qualquer série de peneiros ISO 565/R20 cima de 125 mm.

^b Quando as aberturas dos peneiros calculadas como 1,4 D e d/2 não corresponderem a números exatos das dimensões de malhas das séries de peneiros R20 da ISO 565:1990, deve ser adotado o peneiro com a abertura mais próxima.

^c Para aplicações especiais, podem ser especificados requisitos adicionais.

^d A percentagem de passados em D pode ser superior a 99 %, mas, em tais casos, o produtor deve documentar e declarar a granulometria típica, incluindo os peneiros D, d, e d/2 e os peneiros da série base mais a série 1 ou da série base mais a série 2 intermédia entre d e D. Os peneiros com uma relação inferior a 1,4 vezes relativamente ao peneiro inferior mais próximo, podem ser excluídos.

^e Se necessário, para assegurar que o agregado é bem graduado, podem ser modificados os limites para a percentagem de passados em d para 1 a 15, no caso de G_c 85-15, e para 1 a 20, no caso de G_c 80-20.

Outro parâmetro a avaliar diz respeito ao teor de finos na amostra, cuja classificação está representada na Tabela 6.9. Após a análise granulométrica efetuada no LMC do ISEP, observa-se que a percentagem de passados da camada de base/sub-base no peneiro 0,063 mm é de 3,28 % (> 3 %) e da camada de leito do pavimento é de 2,47 % (< 3 %). Segundo a NP EN 13242, o teor de finos da camada de base/sub-base pertence à categoria f_5 e a camada de leito do pavimento pertence à categoria f_3 .

Por outro lado, na ficha técnica disponibilizada pela empresa, a categoria do teor de finos da camada de base/sub-base para a norma relativa a agregados utilizados na construção de pavimentos rodoviários, diverge da classificação resultante dos ensaios realizados no LMC do ISEP ($f_7 \neq f_5$). Esta classificação está considerada “não aplicável” nas CTG.

Tabela 6.9 – Categorias para os valores máximos do teor de finos (fonte: Quadro 8, NP EN 13242).

Agregado	Percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm %	Categoria f
Grosso	≤ 2	f_2
	≤ 4	f_4
	> 4	$f_{\text{Declarado}}$
	Não requerido	f_{NR}
Fino	≤ 3	f_3
	≤ 7	f_7
	≤ 10	f_{10}
	≤ 16	f_{16}
	≤ 22	f_{22}
	> 22	$f_{\text{Declarado}}$
	Não requerido	f_{NR}
Granulometria Extensa	≤ 3	f_3
	≤ 5	f_5
	≤ 7	f_7
	≤ 9	f_9
	≤ 12	f_{12}
	≤ 15	f_{15}
	> 15	$f_{\text{Declarado}}$
	Não requerido	f_{NR}

Sobre as tolerâncias da percentagem de passados nos peneiros $D = 31,5$ mm, $D/2 = 16$ mm e $d = 6,3$ mm, os dois materiais denominados por ABGE satisfazem os requisitos de ± 5 , ± 10 e de ± 3 , respetivamente, que figuram na Tabela 6.10. Estes valores correspondem à categoria GT_{A10} , tal como consta na ficha técnica fornecida pela empresa relativamente à camada base/sub-base.

Tabela 6.10 – Tolerâncias da granulometria típica (fonte: Quadro 4, NP EN 13242).

Tolerâncias – Percentagem de passados, em massa			Categoria	
Peneiro D	Peneiro D/2	Peneiro 0,063 mm	Agregado fino GT_F	Agregado de granulometria GT_A
± 5	± 10	$\pm 3^a$	GT_F10	GT_{A10}
± 5	± 20	$\pm 4^b$	GT_F20	GT_{A20}
$\pm 7,5$	± 25	$\pm 5^c$	GT_F25	GT_{A25}
Não requerido			GT_FNR	GT_{ANR}
Quando a abertura do peneiro intermédio, calculada como acima indicado, não corresponder a nenhuma dimensão de malha da série de peneiros R20 da ISO 565:1990, deve ser adotado o peneiro com a abertura mais próxima.				
<i>NOTA: As tolerâncias no peneiro D são ainda limitadas pelos requisitos do Quadro 2.</i>				
^a Exceto para a categoria f_3 (ver Quadro 8).				
^b Exceto para as categorias f_3 e f_7 para agregados finos e f_3 , f_5 e f_7 para agregados de granulometria extensa (ver Quadro 8).				
^c Exceto para as categorias f_3 e f_7 para agregados finos e f_3 , f_5 , f_7 e f_9 para agregados de granulometria extensa (ver Quadro 8).				

NP EN 1097-1: Determinação da resistência ao desgaste - micro-Deval

Este ensaio, Figura 6.33, tem como objetivo determinar o coeficiente do micro-Deval, que é a percentagem da amostra original reduzida a um tamanho inferior a 1,6 mm durante a centrifugação. O ensaio consiste na medição do desgaste produzido por fricção entre os agregados e a carga abrasiva no tambor rotativo.

A incidência deste trabalho recai exclusivamente sobre a camada de base/sub-base. Para o efeito, utilizam-se dois provetes elementares que contêm uma massa de 500 g cada (500 g + 500 g), entre os materiais retidos no peneiro 10 mm e os passados no peneiro 14 mm. Os provetes são constituídos por 60 % de material passado no peneiro 12,5 mm, requisito que está em conformidade com a norma. Cada um dos provetes é introduzido num cilindro separado, aos quais acrescenta-se um número de esferas de aço até perfazer a massa total de 5000 g. Em seguida, adiciona-se 2,5 l de água a cada cilindro, condição que possibilita agora a sua colocação sobre os veios do aparelho micro-Deval.

O equipamento contém um motor que faz rodar os cilindros a uma velocidade de 100 min^{-1} durante 12000 voltas. Após submetidos ao movimento de rotação, os agregados e as esferas de aço são depositados num recipiente com o cuidado de evitar perdas e, complementarmente, com o apoio de uma garrafa de lavagem retira-se o material sobranete existente no interior e no tampo do cilindro. No passo seguinte, o material é disposto sobre um peneiro de 1,6 mm, protegido por um peneiro de 8 mm, a fim de separar manualmente as partículas das esferas que permaneceram no peneiro de proteção. As partículas de agregados retidas nestes dois peneiros são misturadas num tabuleiro, o qual é introduzido numa estufa regulada a uma temperatura de 110°C para secagem, por forma a atingir a massa constante.



a) Equipamento micro-Deval



b) Preparação da amostra

Figura 6.33 – Ensaio micro-Deval.

Em face dos ensaios realizados, procedeu-se à pesagem da massa das partículas de dimensão superior a 1,6 mm, cujos resultados obtidos foram de 398 g no provete 1 e de 404 g no provete 2.

O coeficiente de micro-Deval é assim determinado a partir da expressão (6.1) e da expressão (6.2):

$$M_{DE1} = \frac{500 - m}{5} = \frac{500 - 398}{5} \approx 20 \quad (6.1)$$

$$M_{DE2} = \frac{500 - m}{5} = \frac{500 - 404}{5} \approx 19 \quad (6.2)$$

onde:

M_{DE} — coeficiente micro-Deval (com agregados húmidos);

m — massa das partículas de dimensão superior a 1,6 mm, em gramas.

Tabela 6.11 – Categorias para os valores máximos do coeficiente M_{DE} (fonte: Quadro 11, NP EN 13242).

Coeficiente micro-Deval	Categoria M_{DE}
≤ 20	$M_{DE}20$
≤ 25	$M_{DE}25$
≤ 35	$M_{DE}35$
≤ 50	$M_{DE}50$
> 50	M_{DE} Declarado
Não requerido	$M_{DE}NR$

O valor médio calculado do coeficiente micro-Deval, arredondado à unidade, que resulta das equações relativas a cada um dos provetes elementares, é de 20. Este valor corresponde à categoria $M_{DE}20$ da Tabela 6.11, que embora não seja coincidente com o que expressa a ficha técnica disponibilizada pela empresa ($M_{DE}15$), também não se afasta de uma margem (5 % de desgaste) considerada aceitável. Porém, estas categorias são consentâneas com a especificação estabelecida nas CTG sobre agregados para materiais não ligados usados nas construções rodoviárias de $M_{DE}25$ para camada de base.

NP EN 1097-2: Métodos para a determinação da resistência à fragmentação – Los Angeles

Este ensaio, Figura 6.35, consiste em categorizar a resistência à fragmentação por impacto do agregado grosso através do cálculo do coeficiente de Los Angeles. O coeficiente de Los Angeles é a percentagem do provete que passa por um peneiro de 1,6 mm, depois de submetido ao processo de fragmentação.

A realização deste ensaio incide sobre o solo da camada de base/sub-base que foi colocado numa estufa à temperatura de 110°C até atingir a massa constante. Em seguida, a amostra é deixada a arrefecer até à temperatura ambiente, de forma a ser selecionada uma massa total de 5000 g proveniente do material retido no peneiro 10 mm e o passado no peneiro 14 mm. Tal como no ensaio anterior, esta amostra deve verificar os requisitos que a norma impõe relativos à percentagem de material estabelecida entre estes peneiros, ou seja, conter 60 % de passados no peneiro 12,5 mm. Todas as medições da quantidade do solo são realizadas com uma balança de precisão com limites de erro de $\pm 0,1$ gr, Figura 6.34.



Figura 6.34 – Pesagem da amostra.

Posteriormente, introduz-se a amostra no cilindro da máquina em conjunto com 11 esferas de aço, com o peso de 440 gr cada uma. Este equipamento está dotado de um motor que faz o cilindro rodar 500 voltas a uma velocidade de 31 a 33 rotações por minuto, que provoca a fragmentação das partículas. Depois disso, o material é retirado do tambor para um tabuleiro já separado das esferas, com cuidado para que não ocorram perdas. Por último, o material é peneirado através do peneiro 1,6 mm e pesada a massa que ali fica retida que, no caso concreto, o valor obtido é de 3062 g.



a) Equipamento de Los Angeles



b) Material após ter sido fragmentado

Figura 6.35 – Ensaio de Los Angeles.

O cálculo do coeficiente de Los Angeles é determinado pela expressão (6.3):

$$LA = \frac{5000 - m}{5000} \times 100 = \frac{5000 - 3062}{5000} \times 100 \approx 39 \quad (6.3)$$

onde:

LA — coeficiente de Los Angeles;

m — massa retida no peneiro de 1,6 mm, em gramas.

Tabela 6.12 – Categorias para os valores máximos do coeficiente LA (fonte: Quadro 9, NP EN 13242).

Coeficiente Los Angeles	Categoria LA
≤20	LA ₂₀
≤25	LA ₂₅
≤30	LA ₃₀
≤35	LA ₃₅
≤40	LA ₄₀
≤50	LA ₅₀
≤60	LA ₆₀
>60	LA _{Declarado}
Não requerido	LA _{NR}

De acordo com a Tabela 6.12, a categoria deste solo é de LA₄₀, justamente igual à categoria apresentada na ficha técnica da empresa e a que consta para a camada base nas CTG do município do Porto, sobre solos granulares para fins rodoviários.

NP EN 933-3: Determinação da forma das partículas – Índice de achatamento (FI)

O ensaio para a determinação do índice de achatamento, Figura 6.36, incide exclusivamente sobre o solo utilizado na camada de base/sub-base. Este índice representa a massa total das partículas que passam nos peneiros de barras, expressa em percentagem, em função da massa total seca das partículas ensaiadas.

Com base noutra análise granulométrica, este ensaio realiza-se apenas com as partículas compreendidas entre os limites do peneiro de maior dimensão com abertura de 31,5 mm (D_i) e o de menor abertura com 4 mm (d_i). As partículas cujas as dimensões não se integram neste intervalo são para o efeito rejeitadas. Os agregados são depois peneirados manualmente em peneiros de barras com aberturas de ordem decrescente e com ranhuras paralelas de largura $D/2$. O material de cada fração (d_i/D_i) de partículas retido nos diferentes peneiros é de imediato pesado numa balança de precisão com limites de erro de $\pm 0,1$ gr. Verifica-se que após a operação de peneiração, o material retido nos peneiros de barras tem uma forma eminentemente cúbica, enquanto que o material passado apresenta uma forma achatada, permitindo concluir que o ensaio compreende requisitos geométricos na forma do agregado.



a) Peneiração com peneiro de barras



b) Separação do material por dimensões

Figura 6.36 – Ensaio do índice de achatamento.

A Tabela 6.13 regista os resultados finais dos dois tipos de peneiração, relacionando as dimensões dos peneiros de malhas quadradas com a quantidade de material retido e, no segundo grupo de peneiração, as dimensões dos peneiros de barras com a quantidade de material passado.

Tabela 6.13 – Determinação do índice de achatamento.

Peneiração em peneiros de malhas quadradas		Peneiração em peneiros de barras	
Fração Granulométrica d_i/D_i (mm)	Massa (R_i) da fração granulométrica d_i/D_i (g)	Largura nominal da ranhura no peneiro de barras (mm)	Massa (M_i) que passa pelo peneiro de barras (g)
31,5/40	282,1	20	153,5
25/31,5	885,7	16	200,4
20/25	1090,7	12,5	239,8
16/20	1101,0	10	246,9
12,5/26	1160,2	8	306,8
10/12,5	1187,1	6,3	218,8
8/10	730,8	5	184,2
6,3/8	637,5	4	160,3
5/6,3	464,7	3,15	115,4
4/5	519,7	2,5	101,4
$M1 = \sum R_i$	8059,5	$M2 = \sum R_i$	1927,5

O cálculo do índice de achatamento é realizado através da expressão (6.4), arredondado à unidade.

$$FI = \frac{M_2}{M_1} \times 100 = \frac{1927,5}{8059,5} \times 100 \approx 24 \tag{6.4}$$

onde:

FI— índice geral de achatamento;

M₁— soma das massas, em gramas, das partículas de cada umas das frações granulométricas;

M₂— soma das massas, em gramas, das partículas de cada umas das frações granulométricas que passa pelo peneiro de barras correspondente.

Na Tabela 6.14 estão mencionados os índices de achatamento pela correspondente categoria.

Tabela 6.14 – Categorias para os valores máximos do FI (fonte: Quadro 5, NP EN 13242).

Índice de achatamento	Categoria FI
≤20	FI ₂₀
≤35	FI ₃₅
≤50	FI ₅₀
>50	FI Declarado
Não requerido	FI _{NR}

A leitura do quadro em referência permite concluir que o índice de achatamento dos agregados de granulometria extensa analisados pertence à categoria FI₃₅ e os que constam na ficha técnica inserem-se na categoria FI₂₀. Pese embora a NP EN 13242 não possua a categoria FI₃₀, as CTG do município do Porto estabelecem, para o efeito, o valor máximo requerido de 30, que serve de referência para a interpretação dos ensaios do índice de achatamento. Como o valor de índice de achatamento determinado no LMC do ISEP é de 24 e o valor constante na ficha da empresa é menor ou igual a 20, considera-se que os materiais granulares ensaiados estão dentro do limite admissível das CTG.

NP EN 933-4: Determinação da forma das partículas – Índice de forma (SI)

O ensaio para a determinação do índice de forma, Figura 6.37, incide também sobre o solo utilizado na camada de base/sub-base. Este índice procura determinar a massa total das partículas não cúbicas, expressa em percentagem, em função da massa total seca das partículas ensaiadas.

Este ensaio é somente aplicado a frações granulométricas (d_i/D_i), em que as partículas estão compreendidas entre os limites do peneiro de maior dimensão com abertura de 31,5 mm (D_i) e o de menor abertura com 4 mm (d_i). Segundo a norma, para um diâmetro de maior dimensão superior ao

dobro do de menor dimensão ($D > 2d$), seria necessário separar o provete em frações granulométricas, peneirando o material através dos peneiros de malha quadrada. Todavia, tendo em conta que este processo já foi trilhado no ensaio do índice de achatamento, os dados nele obtidos serviram de base para a determinação deste novo índice.

A medição de partículas é feita com um paquímetro tanto ao comprimento como à espessura. O comprimento (L) incide sobre a dimensão máxima de uma partícula estabelecida pela distância maior entre dois planos paralelos tangenciais à sua superfície, enquanto que a espessura (E) é definida como a dimensão mínima de uma partícula determinada pela distância menor entre dois planos paralelos tangenciais a essa superfície.

Para cada fração granulométrica é calculado o índice V_i , que é a relação entre a sua massa e a massa total do provete M_1 , em percentagem. De acordo com a norma em questão, não são consideradas quaisquer frações que contenham menos de 10 % da massa total do provete. Por outro lado, refere também que se existir alguma fração com um número excessivo de partículas, esta poderá ser reduzida até 100. No entanto, o presente ensaio contempla três frações com um número superior a 100 partículas, tendo-se optado por considerar todas as partículas existentes. Separadas as partículas cúbicas das não cúbicas através do paquímetro, procedeu-se de imediato à pesagem das massas das partículas não cúbicas existentes em cada fração com uma balança de precisão, com limites de erro de $\pm 0,1$ gr. Na Tabela 6.15 estão representados todos valores apurados em cada fração granulométrica.

Tabela 6.15 – Determinação do índice de forma, SI.

Granulometria d_i/D_i (mm)	Massa (R_i) da fração granulométrica d_i/D_i (g)	V_i (não considerar < 10 %) (%)	Cúbicas $L/E < 3$ nº	Não Cúbicas $L/E > 3$ nº	M_{2i} Não cúbicas (g)	SI (%)
31,5/40	282,1	3,5	-	-	-	-
25/31,5	885,7	11,0	22	6	150,8	2
20/25	1090,7	13,5	35	31	432,7	5
16/20	1101,0	13,7	87	54	312,3	4
12,5/26	1160,2	14,4	174	120	360,8	4
10/12,5	1187,1	14,7	323	179	336,3	4
8/10	730,8	9,1	-	-	-	-
6,3/8	637,5	7,9	-	-	-	-
5/6,3	464,7	5,8	-	-	-	-
4/5	519,7	6,4	-	-	-	-
$M_1 = \sum R_i$	8059,5				$S_1 = \sum S_i$	19,8



a) Medição das partículas com o paquímetro

b) Separação do material por dimensões

Figura 6.37 – Ensaio do índice de forma.

O índice de forma é a percentagem das partículas com $L/E=3$ em relação à massa total das partículas secas, obtendo-se a partir da expressão (6.5):

$$SI = \frac{\sum M_{2i}}{M_1} \times 100 = \frac{1592,9}{8059,5} \times 100 \approx 20 \quad (6.5)$$

onde:

SI— índice geral de forma;

M_1 — soma das massas das partículas de cada umas das frações granulométricas ensaiadas, em gramas;

M_{2i} — soma das massas das partículas não cúbicas de cada umas das frações granulométricas ensaiadas, em gramas.

A Tabela 6.16 faz a correspondência entre índices de forma e a respetiva categoria.

Tabela 6.16 – Categorias para os valores máximos do SI (fonte: Quadro 6, NP EN 13242).

Índice de forma	Categoria SI
≤ 20	SI ₂₀
≤ 40	SI ₄₀
≤ 55	SI ₅₅
> 55	SI _{Declarado}
Não requerido	SI _{INR}

As CTG do município do Porto não contemplam a valorização deste ensaio relativo a solos granulares para as camadas base e sub-base, pelo que o único termo comparativo resume-se à ficha técnica fornecida pela empresa. Neste ensaio, verifica-se que o valor da ficha técnica da empresa e o resultado final determinado no ensaio efetuado no LMC do ISEP apresentam a mesma categoria de SI₂₀.

Estes dois ensaios, índice de achatamento e de forma, são particularmente importantes no domínio da composição do betão. Com efeito, a norma de agregados utilizados no betão estipula parâmetros mais rigorosos na seleção das partículas cúbicas ou achatadas. As partículas cúbicas permitem melhor trabalhabilidade e, quando a sua superfície se apresenta rugosa, melhora a aderência entre a pasta de cimento e o agregado, o que se traduz numa maior resistência do betão para as mesmas condições. Em sentido inverso, as partículas não cúbicas apresentam menor trabalhabilidade, ou seja, pior arranjo entre elas, sendo necessário acrescentar uma maior quantidade de água e por consequência maior porosidade e menor resistência mecânica.

6.1.5 Análise Conclusiva

Em termos conclusivos, importa sublinhar que a obra de remodelação das infraestruturas no subsolo realizada na zona em causa, atingiu os objetivos preconizados pela CMP, pela empresa contratante e a pela empresa adjudicatária.

A intervenção levada a cabo pela Restradas prolongou-se por 95 dias, permitindo constatar que os trabalhos decorreram dentro do previsto e com prazo de duração inferior ao estabelecido inicialmente em projeto, que era de 120 dias.

Relativamente a aspetos menos conseguidos, é importante referir que as acessibilidades para a passagem provisória de transeuntes, moradores e comerciantes era muito deficitária, com frequentes sobrelevações ao nível do pavimento, apesar de não haver alternativa face à exiguidade de espaço. Além disso, na execução das valas nunca foram usados equipamentos de entivação, não obstante as boas normas construtivas assim o indicarem em função da sua profundidade e largura. Em certos pontos das valas, a colocação da tubagem não respeitou a profundidade definida em projeto, devido à existência de outras infraestruturas que ali permaneciam, ficando por isso mais próximo da superfície, mas nunca colocando em risco a sua eventual rotura. De registar ainda que, os ensaios de avaliação das camadas não ligadas efetuados no terreno foram apenas dirigidos à camada base, não integrando na circunstância o controlo da compactação sobre as camadas inferiores, sub-base e leito do pavimento.

Em resumo, há que realçar que estes trabalhos de beneficiação das redes de infraestruturas hidráulicas, incluindo os aterros das valas com material granular, melhoria das fundações em betão no lajeado e reposição de todo o pavimento, cumpriram as indicações sobre materiais e as disposições regulamentares definidas nas CTG do município do Porto.

6.2 INSTALAÇÃO SUBTERRÂNEA DA REDE DE ALTA TENSÃO (LN60 KV) NA RUA CARDEAL DOM AMÉRICO, RUA DE SANTOS POUSADA E RUA DA FIRMEZA

6.2.1 Introdução

O presente capítulo apresenta o caso de estudo relativo à obra implementada pela EDP Distribuição no sentido de melhorar a qualidade de serviço prestado na cidade do Porto, procedendo à requalificação da sua rede elétrica de alta tensão a 60 kV, através da instalação de três novos circuitos a designar por LN 60 kV Antas-Campo 24 de Agosto, LN 60 kV Antas-Vitória e LN 60 kV PC Prelada-Campo 24 de Agosto, representados no Anexo IV.

No âmbito da ampla intervenção de remodelação das infraestruturas de abastecimento de água, drenagem de águas residuais domésticas e pluviais na rua de Santos Pousada, promovida Águas do Porto EM e adjudicada à Socopul - Sociedade de Construções e Obras S.A., a EDP Distribuição aproveitou a circunstância para promover a instalação do seu equipamento de abastecimento elétrico e, em paralelo, uma equipa de mineiros levou a cabo trabalhos específicos no local.

Em resumo, mediante a fiscalização própria de cada entidade, é de todo vantajoso interligar estas duas obras distintas, apoiadas num cronograma de trabalhos comum e sob o acompanhamento permanente de supervisão dos serviços de fiscalização da CMP.

Deste modo, mencionam-se dois tipos de coordenação:

- Coordenação técnico construtiva (CMP e Águas do Porto) que estabelece as práticas construtivas das tarefas a serem realizadas na obra;
- Coordenação entre subempreiteiros para definir datas para a realização de tarefas, cumprimento das medidas de segurança previstas em projeto e as condicionantes da área envolvente.

O plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição (PPG-RCD) foi elaborado por uma engenheira do ambiente pertencente às Águas do Porto EM, que assume a aplicação dos métodos e técnicas construtivas focadas na proteção do ambiental e fica sob a responsabilidade do adjudicatário a implementação daquele plano.

O plano de segurança e saúde (PSS) integra o caderno de encargos da empreitada, estabelecendo as regras e especificações a observar no estaleiro da obra durante a fase de execução dos trabalhos com a finalidade de eliminar ou reduzir o risco de ocorrência de acidentes e de doenças profissionais. A competência de implementar este plano e de o manter atualizado, desde o início da instalação do estaleiro até à receção provisória da empreitada ou receção provisória parcial, é exclusivamente do empreiteiro. De facto, tratando-se de um plano de extrema importância que envolve todos os

intervenientes da obra, efetuou-se para efeito uma declaração de adesão subscrito pelos subempreiteiros, por forma a garantir o seu cumprimento em obra.

O estudo prático que segue está focado na intervenção da EDP Distribuição no local, circuito LN 60 kV Antas-Vitória, compreendendo a rua Cardeal Dom Américo, rua de Santos Pousada (até ao cruzamento com a rua Cardeal Dom Américo) e a Rua da Firmeza (junto ao cruzamento com a rua de Santos de Pousada) com uma extensão total de 500 m entre duas caixas de junção, conforme a Figura 6.38.

O planeamento definido estima que a obra se inicie no dia 21 de fevereiro e termine em 12 de maio de 2017, apresentando como os intervenientes a EDP Distribuição com funções de dono de obra e a Paínhas SA como entidade adjudicatária.

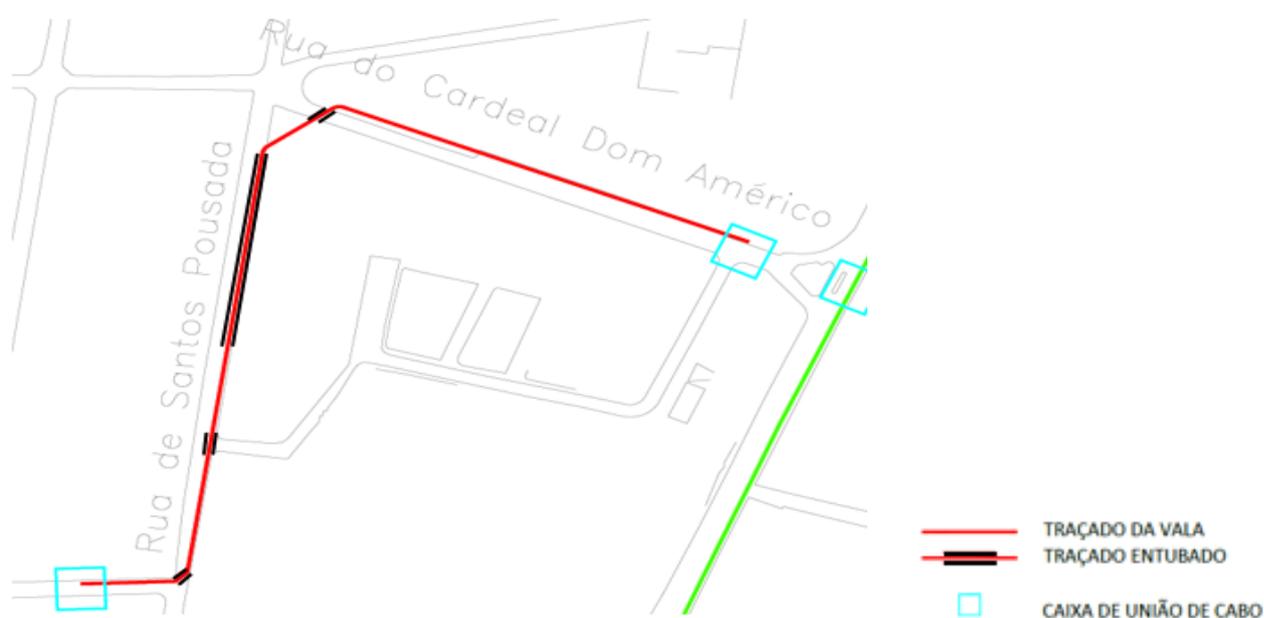


Figura 6.38 – Trajeto do circuito elétrico AT.

No intuito de ser feita uma ligeira abordagem quanto à forma como a energia é distribuída pelos consumidores, segue no contexto deste trabalho uma breve síntese sobre o processo de ligação à rede elétrica de distribuição pública em baixa, média ou alta tensão, a saber (EDP, 2017):

- Baixa Tensão (BT) – destina-se a clientes residenciais, lojas, escritórios e pequenas empresas, alimentadas ao nível de tensão 230/400 V;
- Média Tensão (MT) – destina-se a empresas industriais e grande hotelaria por exemplo, com potências instaladas superiores a 200 kVA, alimentadas ao nível de tensão de 10 kV, 15 kV ou 30 kV, conforme a sua localização geográfica;
- Alta Tensão (AT) – destina-se à grande industria e a unidades hospitalares com potências instaladas superiores a 10 MVA, alimentadas ao nível de tensão de 60 kV.

A Figura 6.39 exibe um esquema ilustrativo do fluxo energético com a instalação produtora integrada nas redes de transporte e distribuição da eletricidade com as respectivas subestações, postos de transformação e o nível de tensão nos percursos entre os mesmos até ao consumidor final.

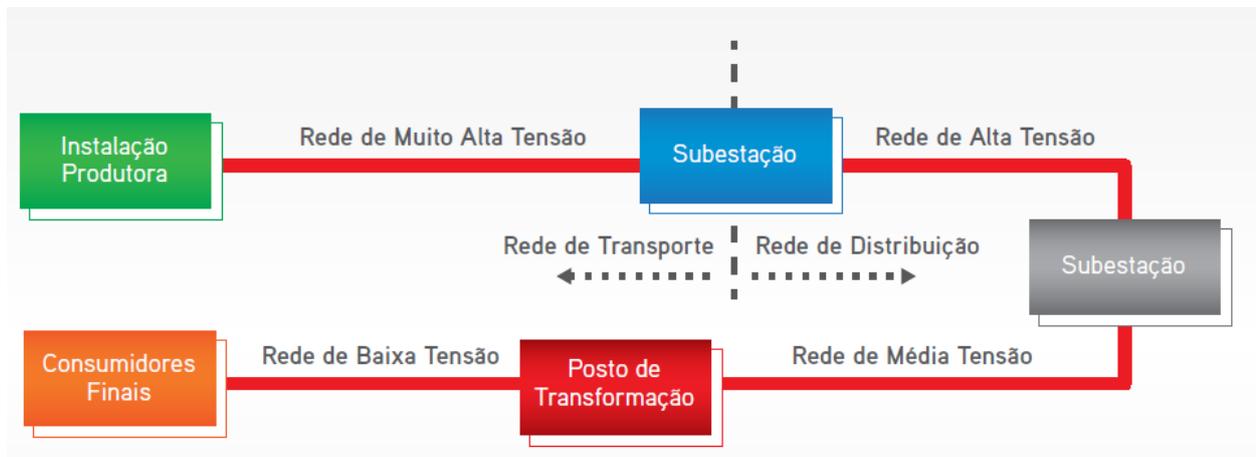


Figura 6.39 – Fluxo energético entre a central de produção e os consumidores (fonte: EDP, 2017).

As redes de transporte são constituídas por dois tipos de infraestruturas de ligação à rede:

- Ligação a redes aéreas;
- Ligação a redes subterrâneas.

A ligação implementada nos três arruamentos em estudo foi por via subterrânea, com os cabos enterrados no subsolo, sujeitos às disposições regulamentares, regras técnicas construtivas, materiais específicos e respeito rigoroso das normas de segurança.

A opção pela rede de transporte subterrânea em relação às linhas aéreas revela certas vantagens e desvantagens associadas. As principais vantagens do uso de cabos subterrâneos destacam-se pelo seu impacto visual mínimo, índices altos de segurança para os trabalhadores, entidades e para o público, não são tão afetados por condições naturais e meteorológicas adversas, imunidade a problemas de descargas atmosféricas ou de incêndios e traduz-se pela menor desvalorização do valor económico de edifícios e terrenos. Como desvantagens admite-se o custo elevado de investimento, aumento do custo de manutenção e reparação (Mateus, 2016).

Nas áreas urbanas, o custo da instalação revela-se mais elevado do que no meio rural, visto que nas cidades existe uma forte possibilidade de o traçado estabelecido no projeto interetar outras infraestruturas presentes no subsolo. Por outro lado, a solução de redes subterrâneas pode representar uma menor valia em projetos de grande escala ao implicar custos adicionais associados à preservação da natureza, como por exemplo, interetar cursos de água ou recursos ambientais de enorme valor (flora) (Solidal, 2007).

6.2.2 Enquadramento do Local da Obra

6.2.2.1 Localização geográfica

O local da obra situa-se na freguesia do Bonfim do concelho do Porto, abrange três vias de trânsito, interligadas entre si, designadamente nas ruas Cardeal Dom Américo, de Santos Pousada e da Firmeza, de acordo com a Figura 6.40.

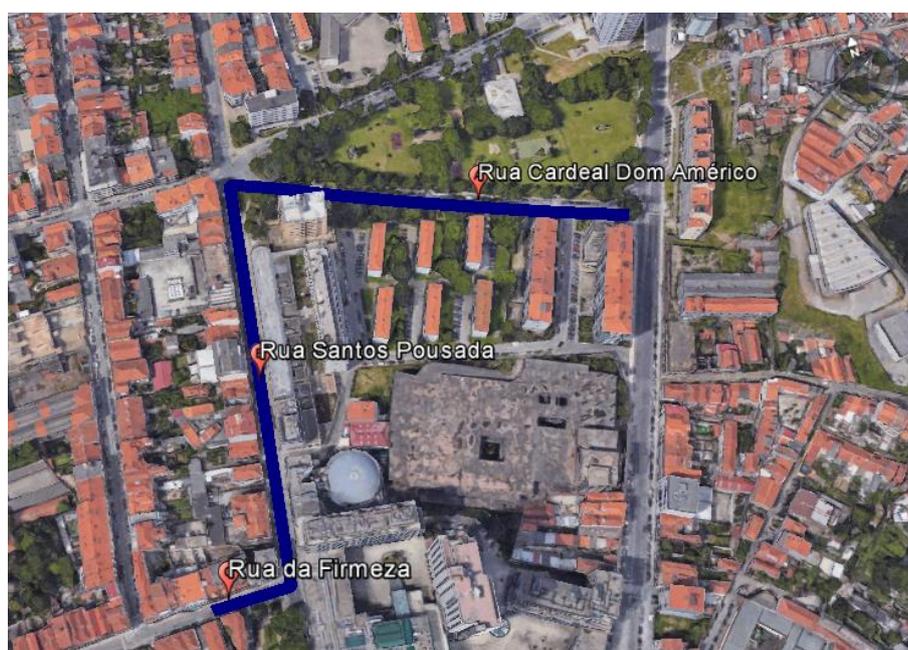


Figura 6.40 – Extensão da obra nas ruas Cardeal Dom Américo, Santos Pousada e Firmeza (fonte: Google Earth, 2017).

6.2.2.2 Classificação: ordenamento do território

Carta de Hierarquia Rodoviária

De acordo com o PDM do Porto Título IV, no Capítulo III, na Secção III e artigo 52.º, é possível concluir que a rua Cardeal Dom Américo e a rua de Santos Pousada estão classificadas como eixo urbano estruturante e de articulação intermunicipal, como evidencia a Figura 6.41. Esta classificação hierárquica tem por missão unificar os principais sectores da cidade do Porto e interligar estes à rede nacional que envolve todo o território metropolitano e regional, com métodos inovadores de gestão do congestionamento focados na lógica de concentração de fluxos e eficácia de desempenho.

Todavia, a rua da Firmeza é uma rede viária de eixo urbano complementar ou estruturante local, que estabelece a ligação de eixos estruturantes, ou seja, une as redes viárias representadas a azul na carta de hierarquia rodoviária. Encaminha e focaliza-se na compatibilização entre a passagem do tráfego local e

das atividades implantadas, no pressuposto de suportarem um papel essencial na futura reestruturação da rede urbana de veículos pesados de passageiros.

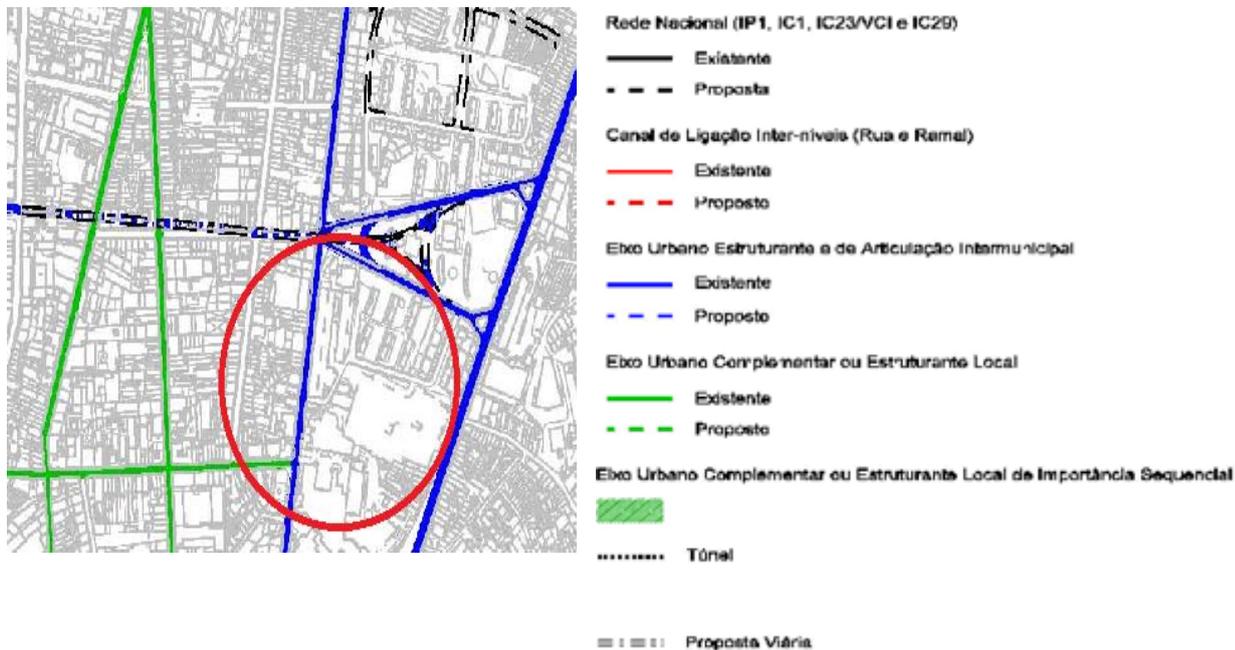


Figura 6.41 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).

Carta de Qualificação do Solo

Em conformidade com o PDM do Porto Título III, no Capítulo II e na Secção III, V e IX, o local em estudo é classificado em três categorias: área de frente urbana contínua em consolidação, área de edificação isolada com prevalência de habitação coletiva e área verde de enquadramento de espaço canal, tal como expressa a Figura 6.42.

A primeira classificação é relativa a áreas dispostas por quarteirão, com zonas mistas destinadas a uso habitacional, comercial e de serviços, dispendo de edifícios contíguos ao arruamento em que o espaço público e as frentes urbanas edificadas estão em processo de transformação construtiva e de uso. A pretensão é consolidar o tipo de relação do edificado com o espaço público existente. A segunda classificação concerne à área constituída por edifícios isolados vocacionados para habitação coletiva ou de uso misto, de formação recente, sendo pretendido a manutenção e consolidação dos empreendimentos para a valorização do ambiente e da imagem urbana da cidade. Por último e face à existência do Jardim das Pedras que assume um carácter estruturante de utilização pública, as obras de construção de infraestruturas não podem provocar o prejuízo do seu valor patrimonial e da sua identidade de espaço verde urbano. O enquadramento desta zona verde no local procura a proteção física, visual e sonora aos diferentes usos urbanos que marginam os corredores de transporte, requalificar os espaços que lhes são adjacentes e a garantir o enquadramento de vias panorâmicas.



Figura 6.42 – Planta da carta de qualificação do solo (fonte: CMP, 2017).

Carta de Património

Em consonância com o PDM do Porto Título IV e no Capítulo II, o local em consideração é caracterizado como uma área de interesse urbanístico e arquitetónico, representada na Figura 6.43, devido a compreender zonas significativas para a história da cidade e de valorização para a imagem urbana, que importa promover e proteger. Nas áreas confinantes à rua de Santos Pousada localizam-se três imóveis de interesse patrimonial, que impõem a ponderação de medidas preventivas que visem manter a sua valorização.

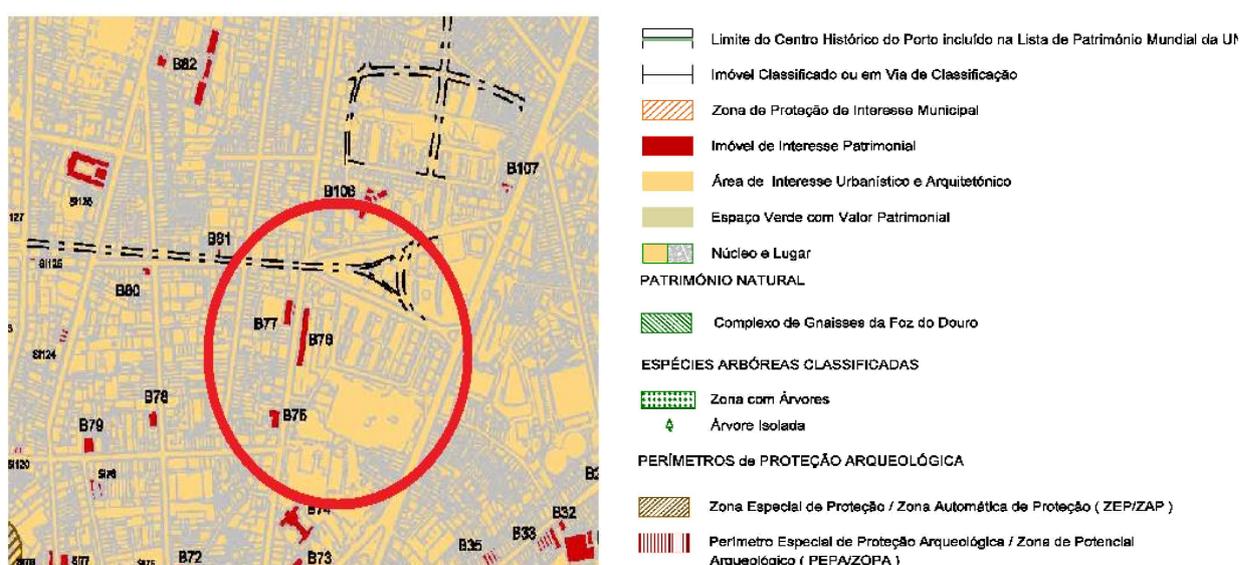


Figura 6.43 – Planta da carta de património (fonte: CMP, 2012b).

6.2.3 Sondagens Realizadas na Rua de Santos Pousada

Antes do início da obra efetuaram-se duas sondagens na rua de Santos Pousada, ilustrado na Figura 6.44, com o apoio de uma unidade escavadora assente sobre esteiras, tendo em vista analisar as condições implementadas no local, nomeadamente a existência de infraestruturas, características do solo e outras condicionantes. As sondagens contribuem também para o traçado de valas e são um indicador para definir os meios mais recomendáveis para a segurança dos trabalhadores.



a) Escavação da vala



b) Infraestruturas existentes

Figura 6.44 – Sondagens ao subsolo.

Em resultado das sondagens efetuadas, definiu-se que a melhor forma de minimizar o impacto nas infraestruturas existentes seria pôr em prática a seguinte orientação:

- A vala a abrir na rua de Santos Pousada deverá ficar paralela e afastada 2,60 m da guia do passeio existente do lado direito da rua de Santos Pousada, no sentido do cruzamento com a rua do Cardeal Dom Américo, Figura 6.45;
- A vala deve subentender as seguintes dimensões: largura de 0,85 m e uma profundidade de 1,60 m em toda a sua extensão.

A decisão de enterrar os cabos a 1,50 m de profundidade é justificada para salvaguardar uma maior margem de segurança, quer em relação à proteção mecânica dos cabos, quer à sua resistência térmica. De notar que o valor mínimo para a instalação desta tipologia de cabo é de 1,20 m em faixas de rodagem e de 0,80 m em passeios.



Figura 6.45 – Afastamento horizontal da vala à guia do passeio.

6.2.4 Descrição dos Trabalhos e Equipamentos Usados em Obra

6.2.4.1 Segurança e sinalização da obra

Inicialmente, os serviços do Departamento Municipal de Mobilidade e Gestão da Via Pública da CMP emitiram o licenciamento sobre o condicionamento de trânsito na rua Cardeal Dom Américo com suspensão de uma via na faixa de rodagem e estacionamento condicionado. Por sua vez, a rua de Santos Pousada ainda se encontrava sob licença de corte total do arruamento, em virtude de estar a ser alvo da obra de uma requalificação integral das infraestruturas, conforme citado anteriormente. Para a rua da Firmeza foi apenas emitida uma licença de estacionamento condicionado de um dos lados da via, com cerca de 50 m de comprimento.

Logo no início da obra, foram adotadas diversas medidas preventivas de forma a garantir a segurança de todos os intervenientes, como a placa indicadora e sinais de trânsito alusivos à zona da obra, Figura 6.46.



a) Placa de obra



b) Sinalização de condicionamento de trânsito

Figura 6.46 – Sinalização da obra.

6.2.4.2 Escavação e colocação das entivações na vala aberta

Por definição uma escavação é um processo manual ou mecanizado, empregado para romper a compacidade do solo no estado natural, com o auxílio de ferramentas cortantes, desagregando-o e tornando possível o seu manuseio. Por outro lado, a entivação é essencialmente uma proteção realizada após a abertura da vala, normalmente em madeira, que visa fundamentalmente a segurança dos trabalhadores. Uma entivação bem conseguida previne também a queda de objetos para o interior da vala.

Assim, para impedir desmoronamentos e soterramentos utilizaram-se entivações provisórias de madeira ao longo de toda a vala aberta e instalaram-se vedações tipo “bekaert” à sua volta, Figura 6.47. A passagem de peões sobre a vala é assegurada por uma passarela provisória, tornando o acesso mais ágil.



a) Entivação da vala



b) Passagem provisória de peões

Figura 6.47 – Implementação de meios de segurança.

A escavação do terreno na rua Cardeal Dom Américo e da rua de Santos Pousada ocorreu através de uma unidade escavo-empurradora assente em esteiras, contendo um balde de rocha para escavar e uma lâmina para movimentar as terras provenientes da vala. Na rua da Firmeza utilizou-se o mesmo equipamento de escavação, mas equipado com martelo de percussão, devido à presença de rocha dura no local, tal como mostra a Figura 6.48. Por seu turno, as entivações apenas foram aplicadas na rua Cardeal Dom Américo e no cruzamento desta com a rua de Santos de Pousada.

Toda a pedra de granito existente é conduzida para o depósito definido pela CMP, com exceção dos cubos/paralelos de granito que serão reaproveitados para recolocação em obra. O material considerado como entulho pela fiscalização é transportado pelo empreiteiro para vazadouro.



a) Balde de rocha



b) Martelo de percussão

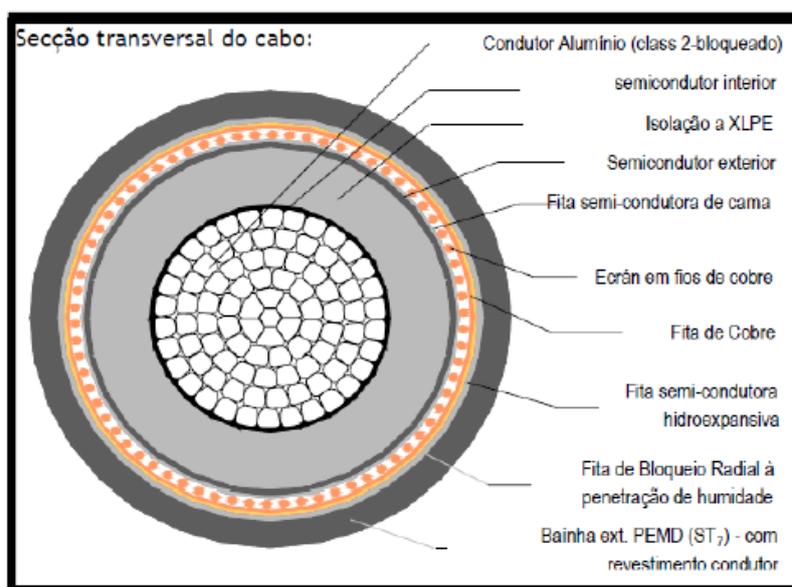
Figura 6.48 – Escavação mecânica.

6.2.4.3 Constituição genérica dos cabos

No caso em estudo, os cabos instalados ao longo da faixa de rodagem e nos passeios adjacentes são do tipo LXHIOLE 1x630/135 mm², em que as suas principais características são:

- Diâmetro exterior de 76 mm;
- Peso linear de 5,9 kg/m.

Os cabos de alta tensão são monopolares, constituídos por alma condutora em alumínio, isolamento de polietileno reticulado (XLPE), blindagem de fios em cobre e bainha exterior de polietileno, como representa a Figura 6.49.

Figura 6.49 – Constituição do cabo LXHIOLE 1x630/135 mm².

6.2.4.4 Constituição do solo e instalação dos cabos de alta tensão

Na presente secção descreve-se as características de aterro da vala com as espessuras das camadas e as condições de instalação dos cabos de alta tensão nos três arruamentos em estudo. As tipologias usadas nos projetos das infraestruturas em Portugal para a instalação dos cabos de alta tensão são de três tipos: trevo, esteira e em linha, conforme a Figura 6.50.

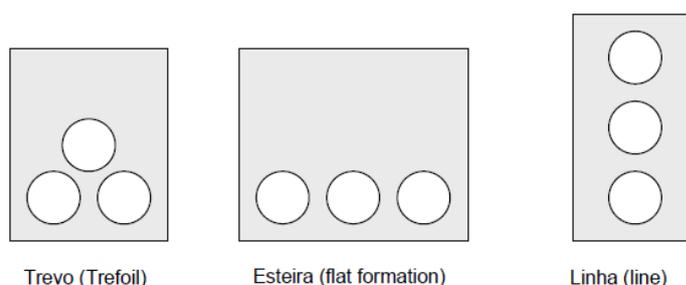


Figura 6.50 – Tipologias usadas nas infraestruturas elétricas (fonte: Seródio, 2009).

As técnicas selecionadas na implementação de cabos nesta obra são de dois tipos:

- A colocação em contato direto com o solo;
- A colocação em tubos de proteção.

Em relação à ordem de trabalhos prosseguida nesta obra, sublinha-se que depois da entivação concretizada na rua Cardeal Dom Américo realizou-se a escavação, colocação dos tubos em material termoplástico (PVC) e os respetivos aterros por camadas na rua de Santos Pousada. Os trabalhos foram articulados com as outras entidades presentes na obra, como a Socopul - Sociedade de Construções e Obras S.A. e os mineiros. Posteriormente, a mesma operação foi realizada na rua da Firmeza.

Nos casos em que o projeto não previa a aplicação de tubos de proteção em determinados troços na rua de Santos Pousada, como é perceptível na Figura 6.38, importa salientar a decisão tomada em obra de entubar toda a instalação, medida que contribui significativamente para a melhoria desta infraestrutura. As principais vantagens do uso dos tubos em material termoplástico são: leveza, resistência à corrosão, fraco coeficiente de atrito, fornecimento em vários comprimentos e uma maior proteção mecânica aos cabos, sendo que nesta via é de extrema importância devido a ser um eixo urbano estruturante e de articulação intermunicipal, que abrange um grande volume diário de tráfego de veículos pesados de passageiros. Como desvantagem deste método realça-se a menor dissipação do calor (Solidal, 2007).

De notar que nas valas das ruas de Santos Pousada e da Firmeza, com exceção da tipologia adotada na instalação dos cabos, a disposição das camadas obedeceu às condições estabelecidas no Anexo IV (Figura IV.2), dando ainda cumprimento às CTG do município do Porto, expressas da seguinte forma:

- Aplicação do material em areia fina com 0,10 m de espessura para assentamento dos tubos;
- Disposição dos tubos em duas esteiras sobrepostas (exceção atrás indicada) e colocação do tritubo;
- Colocação da primeira camada em areia fina com 0,50 m de espessura na envolvente dos tubos;
- Posicionamento da placa amarela de sinalização e de proteção mecânica de cabos;
- Execução de uma camada de areão com 0,44 m de espessura e uma rede plástica vermelha para sinalização;
- Aplicação da camada ABGE com 0,40 m, sendo compactada por espessuras de 0,20 m.

A camada de enchimento à volta dos cabos é preenchida com material de grande severidade, dotado de propriedades adequadas para que seja possível prevenir temperaturas limites ou evitar sistemas de arrefecimento forçado nos circuitos. O material escolhido para envolver os cabos ou os tubos são areias seleccionadas de alta coesão entre as partículas constituintes. As camadas foram sucessivamente compactadas através do cilindro de pés de carneiro com sistema vibratório e de um compactador de percussão (saltitão) e regadas à medida que iam sendo aplicadas. A Figura 6.51 reporta-se à sobreposição de camadas na fase de aterro.



Figura 6.51 – Aterro da vala na rua de Santos de Pousada.

No concerne à disposição da instalação de cabos, o método aplicado foi o de duas esteiras sobrepostas contendo quatro tubos alinhados na parte inferior e três assentes a nível superior. Esta configuração tem em vista a passagem de seis cabos de alta tensão, permanecendo um tubo de reserva para receber futuramente a instalação de fibra ótica.

Quanto ao processo utilizado na rua Cardeal Dom Américo, a opção de projeto orientou-se pela formação de dois trevos compostos por três cabos cada um, sem proteção complementar, dado que uma grande extensão desta infraestrutura se desenvolve sob áreas de estacionamento e passeio, não estando sujeitas

à permanentemente ação de elevadas cargas provenientes do tráfego. Esta solução facilita a dissipação de calor libertado pelas cablagens devido ao facto de estarem em contacto direto com o terreno.

Decorrido esta sequência de trabalhos preparatórios sucedeu-se a operação considerada crucial da intervenção, protagonizada pelos serviços tutelados da EDP, que tem justamente a ver com a passagem de cabos de alta tensão nas três ruas. Na realidade, tratou-se de uma tarefa de enorme importância que contou com o acompanhamento permanente das diversas entidades envolvidas em obra, nomeadamente técnicos especializados e responsáveis das empresas participantes.

Com efeito, a intervenção desenvolveu-se mediante a seguinte ordem de trabalhos:

- Passagem de cordas com o auxílio de guias ao longo dos tubos na rua da Firmeza e na rua de Santos Pousada, Figura 6.52, acompanhadas de uma esponja a fim de proceder à sua limpeza. Esta ação desenrolou-se gradualmente entre caixas de visita;



a) Guia



b) Caixa de visita

Figura 6.52 – Passagem das cordas nos tubos.

- Entretanto, o puxador de cabos, equipamento apropriado a rebocar cabos elétricos que acopla uma bobina de tensores de aço, foi posicionada na rua da Firmeza, apoiada em dois blocos maciços de betão para contrariar a força exercida pelos cabos aquando a sua deslocação;
- A bobina dos cabos de alta tensão foi situada no extremo oposto à máquina atrás aludida, ou seja, do lado da rua Cardeal Dom Américo, Figura 6.53, dimensionada para vencer as distâncias em causa e com uma tolerância acrescida de cerca de 6,0 m;



a) Puxador de cabos AT



b) Bobina dos cabos AT

Figura 6.53 – Posicionamento de equipamentos.

- Através da corda existente no subsolo, seguiu-se a operação de reboque do tensor de aço até à bobina de cabos elétricos com o apoio de uma retroescavadora, na circunstância ajustada a enrolar paulatinamente a corda nas suas esteiras. A utilização do tensor deve-se ao facto de este ter capacidade adequada ao deslocamento dos robustos cabos de alta tensão;
- Para facilitar o deslocamento dos cabos foram colocados roletes, representados na Figura 6.54, nas zonas de mudança de direção, caixas de junção e mesmo em percurso de vala aberta espaçados entre si;



a) Roletes na direção longitudinal



b) Rolete na zona de mudança de direção

Figura 6.54 – Roletes de apoio na vala.

- Por último, com recurso a uma pinça de reboque é realizada a união entre o tensor de aço e próprio cabo, a partir da qual se inicia a operação de rebobinagem dos cabos, um a um, ao longo da vala aberta e subterrânea, evidenciados na Figura 6.55. Importa realçar que a ligação entre o cabo e o tensor assume extrema importância para o bom desempenho da intervenção, pois mediante as cargas em causa corre-se o risco de desprendimento, inconveniente que exigirá trabalhos e custos adicionais.



a) Caixa de visita



b) Distribuição de cabos na vala

Figura 6.55 – Instalação de cabos.

Em seguimento da colocação dos cabos importa efetuar ensaios, a fim de apurar o seu estado de operacionalidade, constatando se os cabos não foram danificados durante a sua instalação, se não há deficiências na montagem dos acessórios e se a sua tensão elétrica cumpre os objetivos preconizados, trabalhos que ficam a cargo dos serviços especializados da EDP.

Após a confirmação e validação do correto funcionamento dos cabos subterrâneos, iniciou-se o enchimento da vala na rua Cardeal Dom Américo. Tendo em conta que a intervenção neste local abrangia zonas de passeio, zonas de estacionamento e via de trânsito, em todo o percurso prevaleceu o cumprimento das disposições normativas e das espessuras dos materiais de aterro alusivos à faixa de rodagem previstas nas CTG do município do Porto e conforme o Anexo IV (Figura IV.2). Deste modo, o faseamento do aterro é descrito da seguinte forma:

- Colocação de areia fina com 0,60 m de espessura, sendo que 0,10 m são dispostos por baixo dos cabos. Esta camada protege os cabos, evitando que fiquem em contacto direto com o solo existente;
- Disposição dos cabos de AT em dois trevos;

- Posicionamento longitudinal do tritubo para facultar a passagem, no futuro, de cabos de fibra ótica;
- Placa amarela de sinalização e de proteção mecânica de cabos;
- Execução de uma camada de areão com 0,44 m e uma rede plástica vermelha para sinalização;
- Aplicação da camada ABGE com 0,40 m, sendo compactada por espessuras de 0,20 m.

O equipamento de compactação usado nesta vala foi o cilindro de rolos de rasto liso com sistema vibratório e o compactador de percussão (saltitão). De salientar que foram executadas as caixas de visita e de união dos seis cabos no passeio, na zona de estacionamento e na via de trânsito. A Figura 6.56 reflete a sobreposição de camadas na fase de aterro.



a) Vala aberta



b) Caixa de visita

Figura 6.56 – Fase de aterro na rua Cardeal Dom Américo.

6.2.4.5 Execução das travessias

As zonas de travessia na faixa de rodagem requerem especial precaução, tendo sido aplicado uma camada de betão para minimizar o constrangimento da ação do tráfego rodoviário. A escavação da vala e a sua reposição é feita apenas em horários complementares e estes trabalhos são executados em meia faixa de rodagem para garantir a circulação automóvel. De acordo com as CTG do município do Porto e com o Anexo IV (Figura IV.3), a constituição do solo nos locais de travessias é descrita da seguinte forma:

- Primeira camada de areia fina com 0,60 m de espessura a envolver a tubagem;
- Disposição dos cabos de AT em dois trevos e colocação do tritubo;
- Superfície de betão C12/15 com 0,25 m de espessura;
- Fita plástica de sinalização amarela;
- Segunda camada em areão com 0,19 m entre a fita e a rede sinalizadora;

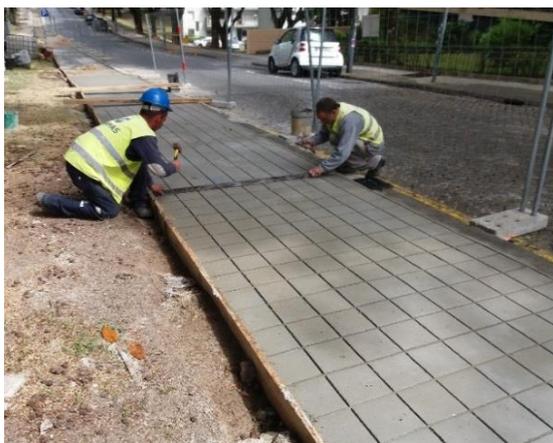
- Rede plástica de sinalização vermelha;
- Aplicação da camada ABGE com 0,40 m de espessura, compactada em camadas de 0,20 m.
- Areia com 0,04 m de espessura e assentamento de cubos com aresta de 11 cm ou, uma outra solução, constituída por uma camada de base com 0,10 m de espessura e a camada de desgaste com 0,06 m de espessura.

6.2.4.6 Execução do passeio em betonilha

Em sequência do aterro realizado e da respetiva compactação do solo granular, deu-se andamento ao revestimento dos passeios em betonilha esquartelada, Figura 6.57, com uma extensão de 70 m. Em conformidade com o estipulado nas CTG do município do Porto, a execução deste acabamento obedece à seguinte orientação:

- Regularização e compactação de uma camada ABGE com 0,15 m;
- Vibração e regularização do betão C16/20 com espessura de 0,10 m;
- A camada de desgaste composta por argamassa de cimento e meia areia com traço 1:2 e com 0,02 m de espessura;
- Utilização de réguas mestras para dividir uniformemente a área do esquartelado e evitar imprevistos devidos à retração do betão;
- As juntas entre os painéis contêm 0,01 m de largura;
- Recorreu-se ao uso de réguas de alumínio para nivelamento do betão tirando o excedente de argamassa com movimentos de vaivém ao invés do helicóptero;
- Afagamento suave da superfície com a talocha para não surgir saliências;
- Execução dos estriados através de ferros antes da argamassa ganhar presa;
- As juntas transversais serradas em toda a profundidade e seladas com mástique elástico monocomponente de poliuretano, formando assim um acabamento ao esquartelado.

De acordo com o estipulado no projeto e com o consentimento da fiscalização de ambas as entidades envolvidas, a inclinação transversal do passeio adotada foi de 2,5 %, para permitir o escoamento de água superficial para a faixa de rodagem, onde se localizam os órgãos de drenagem, evitando que esta se acumule no passeio.



a) Repartição uniforme do betão



b) Esquartelamento final

Figura 6.57 – Passeio em betonilha.

6.2.4.7 Pavimentação das vias de trânsito e zonas de estacionamento

Os pavimentos da faixa de rodagem na rua de Santos Pousada e da zona de estacionamento e da via de trânsito na rua Cardeal Dom Américo são compostos por camadas sobrepostas de misturas betuminosas a quente, ilustradas na Figura 6.59. Por sua vez, o pavimento na rua da Firmeza não foi objeto de intervenção durante o período de estágio, apesar de se encontrar degradado, pelo que a sua beneficiação fica a aguardar decisão. Para mitigar este estado de deformação, foi colocado provisoriamente betuminoso a frio e cubos em granito.

Assim, os novos pavimentos apresentam as seguintes especificidades:

– Rua de Santos Pousada

Na faixa de rodagem, Figura 6.58, o pavimento é constituído da seguinte forma:

- Camada de sub-base em ABGE de 0,20 + 0,20 m de espessura;
- Camada de base em AC20 base 35/50 (MB) com 0,09 m de espessura;
- Camada de ligação em AC20 bin 35/50 (MBD) com 0,07 m de espessura;
- Camada de desgaste em AC 14 surf 35/50 (BB) com 0,06 m de espessura.

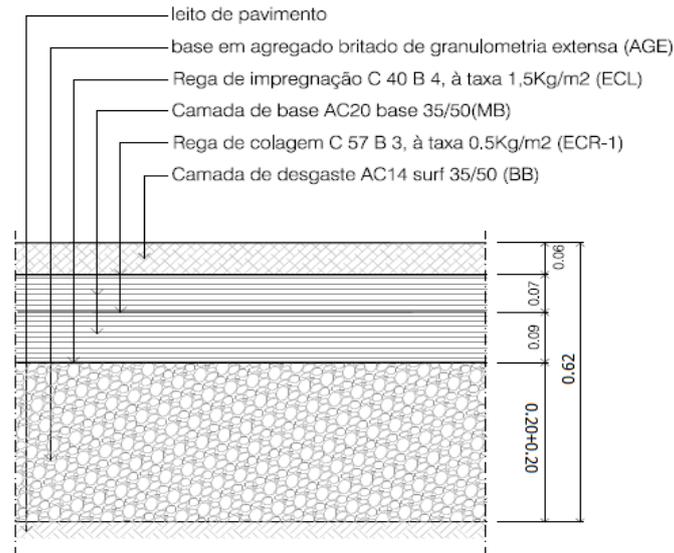


Figura 6.58 – Pavimento da faixa de rodagem.

Nas zonas de estacionamento, o pavimento apresenta a seguinte estrutura:

- Base em ABGE com 0,20 m + 0,20 m de espessura;
- Almofada em areia com 0,04 m de espessura;
- Cubos de granito com aresta de 11 cm.

– Rua Cardeal Dom Américo

Como a intervenção nesta rua se circunscrevia apenas à zona da vala, que contemplava áreas de estacionamento e de via de trânsito, realizou-se uma reunião para ponderar uma das soluções a seguir descritas.

Primeira solução:

- Fresar o espaço compreendido entre a vala e a linha do limite de estacionamento com 0,16 m de profundidade;
- Colocar a rega de impregnação e a camada de regularização em AC20 reg 35/50 (MB) com 0,10 m de espessura por toda a zona de estacionamento;
- Colocar a rega de colagem e a camada de desgaste em AC 14 surf 35/50 (BB) com 0,06 m de espessura por toda a zona de estacionamento.

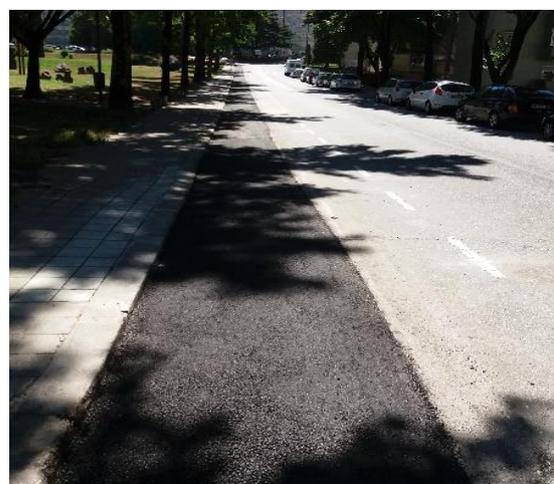
Segunda solução:

- Aplicar a rega de impregnação e a camada de regularização em AC20 reg 35/50 (MB) com 0,10 m de espessura apenas na largura da vala;
- Colocar a rega de colagem e uma camada de desgaste provisória com 0,06 m de espessura apenas na largura da vala;
- Fresar toda a zona de estacionamento com uma profundidade de 0,06 m;
- Colocar a rega de colagem e a camada de desgaste em AC 14 surf 35/50 (BB) com 0,06 m de espessura em toda a zona de estacionamento.

Em resultado da avaliação das entidades participantes, a solução adotada foi a segunda, dado a compensar no imediato o controlo orçamental da obra.



a) Rua de Santos Pousada



b) Rua Cardeal Dom Américo

Figura 6.59 – Fase de pavimentação.

6.2.5 Análise Conclusiva

Conforme o referido no início deste capítulo, esta obra de instalação da rede elétrica de alta tensão foi integrada na obra de requalificação de infraestruturas de águas, cuja progressão ficou desde o início condicionada com o andamento e conclusão dos trabalhos desta última rede, nomeadamente na rua de Santos Pousada. Por esta razão, ambas as intervenções estiveram sempre sujeitas a uma coordenação conjunta, onde era discutido o cronograma de trabalhos de modo a articular as tarefas inerentes a cada uma das obras.

Apesar da preocupação em ajustar progressivamente ambas as intervenções, a EDP Distribuição viu-se obrigada a prorrogar os seus prazos, devido ao facto da cadência da obra das Águas do Porto, E.M. sofrer sucessivos imprevistos face à dimensão e complexidade dos seus trabalhos. A título de exemplo foram

por vezes encontradas infraestruturas no subsolo não esperadas e a escavação feita na rua da Firmeza encontrou rocha dura que exigiu trabalhos adicionais. O fluxo de trânsito, especialmente o de veículos pesados de passageiros foi sempre um fator de constrangimento difícil de contornar. Associado a este assunto, durante a passagem subterrânea dos cabos de alta tensão um deles soltou-se do tensor de aço, implicando uma escavação adicional para refazer a ligação.

Em termos conclusivos, excluindo as situações de atrasos atrás citadas, a obra de instalação de cabos de alta tensão cumpriu as normas de segurança, designadamente os aspetos relativos à entivação da vala que se revelam aqui da maior importância, respeitou as especificações sobre materiais, bem como as disposições regulamentares definidas nas CTG do município do Porto.

6.3 PAVIMENTAÇÃO DA RUA SÃO ROQUE DA LAMEIRA E TRAVESSIAS NA AVENIDA 25 DE ABRIL

6.3.1 Introdução

A beneficiação dos arruamentos em referência deve ser enquadrada à luz da intervenção anterior, realizada no ano 2015, que pressupôs um licenciamento prévio e do qual resultou o respetivo alvará de licença de obras no domínio público municipal. Com efeito, nesse ano, a EDP Gás Distribuição, S.A. executou a instalação das infraestruturas de abastecimento de gás na faixa de rodagem em sintonia com a legislação aplicável, em prol dos diversos clientes locais interessados na oferta deste serviço.

A ação levada a cabo desenvolveu-se exclusivamente na rede de gás numa extensão total de 1200 m, integrando 8 caixas de corte geral. O revestimento da área intervencionada teve à data um carácter provisório, tendo sido entendido proceder a posteriori à pavimentação definitiva. Nesta circunstância, enveredou-se pela aplicação da estrutura betuminosa apenas na zona da vala e respetivas sub larguras.

A solução pretende essencialmente garantir as condições de circulação durante o período de tempo entre a reposição provisória e a definitiva, salvaguardando a ocorrência de abatimentos significativos do pavimento.

Quanto a análise do caso presente, ver Anexo V, o estudo debruça-se sobre a intervenção final para a reposição definitiva dos pavimentos na faixa de rodagem a realizar pela EDP Gás Distribuição, S.A., programada para o período de 28/06/2017 a 04/07/2017, a cargo da entidade adjudicatária denominada por MLSP – Manuel Luís Sousa Pinto Construções, Lda. O tema explicitado sustenta-se na legislação em vigor, aborda o tipo de equipamentos usados e aflora os procedimentos numa obra urbana, relativo a aplicação da camada de desgaste nos locais atrás citados.

Para a viabilização da execução da obra, a DMOSIP coordenou com a Divisão Municipal de Gestão de Mobilidade e Tráfego a emissão da documentação correspondente ao condicionamento de trânsito e de estacionamento, assim como delineou o acompanhamento da intervenção por elementos da polícia municipal, tendo-se observado os termos seguintes:

- Condicionamento de trânsito com estreitamento de via na rua de São Roque da Lameira, no troço compreendido entre a travessa Fonte Velha e a rua Nova da Corujeira, do dia 26 de junho ao dia 7 de julho;
- Condicionamento de trânsito com estreitamento de via na Avenida 25 abril, 60 m para sul da rua Fonte Velha, do dia 26 de junho a dia 27 de julho.

6.3.2 Enquadramento do Local da Obra

6.3.2.1 Localização geográfica

A rua São Roque da Lameira situa-se na freguesia de Campanhã do concelho do Porto. A intervenção centrou-se numa das vias daquela rua com uma extensão longitudinal de 400 m e 5 m de largura, ou seja, numa área total de 2000 m², envolvendo uma profundidade de corte (fresagem) no pavimento de 6 cm, Figura 6.60.



Figura 6.60 – Extensão total de obra na rua São Roque da Lameira (fonte: Google Earth, 2017).

6.3.2.2 Classificação: ordenamento do território

Carta de Hierarquia Rodoviária

De acordo com o PDM do Porto Título IV, no Capítulo III, na Secção III e artigo 52.º, a rua São Roque da Lameira é uma rede viária de eixo urbano complementar ou estruturante local, Figura 6.61, que estabelece a ligação de eixos estruturantes, ou seja, une as redes viárias representadas a azul na carta de hierarquia rodoviária. Encaminha e focaliza-se na compatibilização entre a passagem do tráfego local e das atividades implantadas, no pressuposto de suportarem um papel essencial na futura reestruturação da rede urbana de veículos pesados de passageiros.

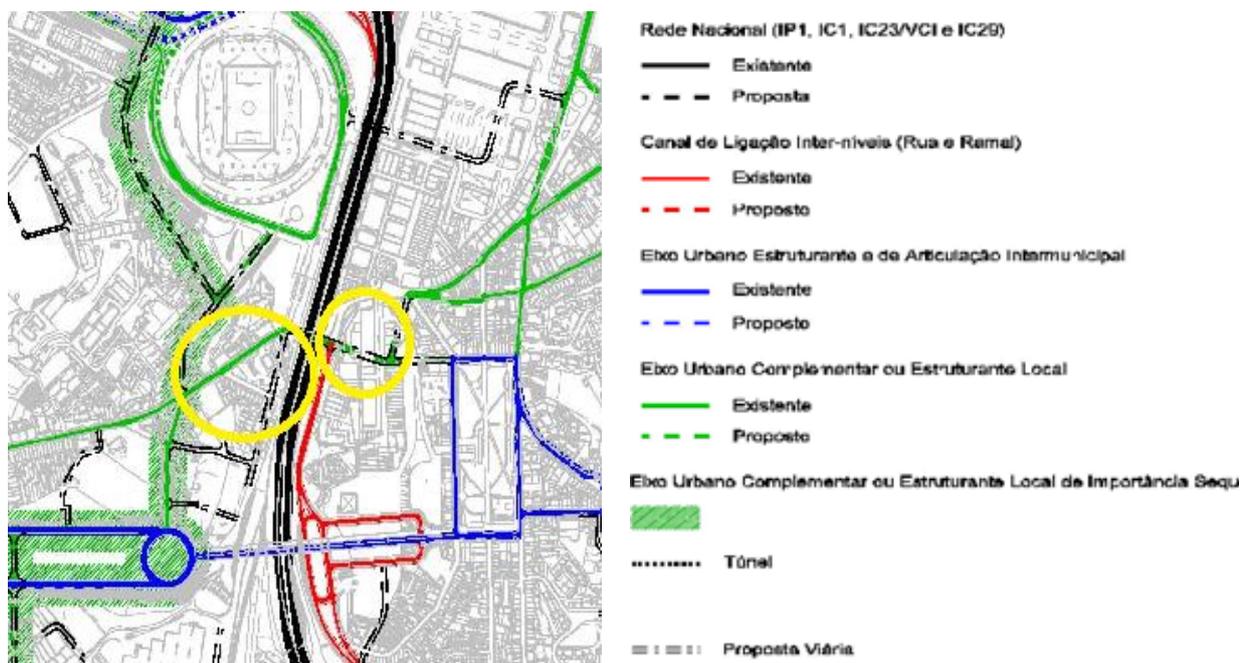


Figura 6.61 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).

6.3.3 Descrição do Pavimento Existente

No sentido de avaliar as condições atuais do pavimento nesta via de trânsito, levou-se a cabo uma inspeção visual acompanhada de registo fotográfico sobre as patologias superficiais patentes no pavimento, tendo-se concluído que o mesmo se apresentava em mau estado de conservação. Na realidade, constatou-se que a reposição provisória na área intervencionada já evidencia irregularidades e a área circundante regista as seguintes patologias: fendas longitudinais, fendas transversais, pele de crocodilo, desagregação da camada superficial em determinadas zonas da via e abatimentos na área envolvente das caixas de visita das infraestruturas existentes. A Figura 6.62 representa as patologias na camada de desgaste do pavimento.



a) Pele de crocodilo e fenda longitudinal



b) Fenda longitudinal e transversal



c) Abatimento e desagregação na caixa de visita



d) Pavimento provisório irregular

Figura 6.62 – Patologias superficiais no pavimento.

As fendas referidas anteriormente e a desagregação da camada superficial devem-se, no caso presente, a insuficiências com o sistema de drenagem de águas pluviais, nomeadamente a obstrução dos respetivos órgãos de drenagem, ao tráfego intenso de veículos pesados, a deficiências das juntas de construção e a fatores climatéricos adversos. Além disso, as características da via no local incrementam também o aparecimento progressivo destas patologias, dado verificar-se ali um estreitamento do arruamento e a redução do seu raio de curvatura, o que provoca o aumento da tensão tangencial que é transmitida pelos pneus dos rodados ao pavimento.

6.3.4 Descrição dos Trabalhos e Equipamentos Usados em Obra

Considerando que esta obra encerra um conjunto de tarefas que se repetem diariamente, a descrição que se segue consubstancia os processos comuns ocorridos durante a intervenção.

A execução da obra é caracterizada pela aplicação da camada betuminosa de desgaste superficial – AC 14 Surf 35/50, em que o fabrico desta mistura betuminosa a quente provém de uma central de produção equipada para assegurar, sem interrupções, os fornecimentos de materiais necessários à obra, em conformidade com as exigências do produto.

Compete ao adjudicatário assegurar as boas condições de operação, nomeadamente a calibração dos equipamentos, a fresagem da espessura definida, a aplicação dos materiais estipulados para a pavimentação e o respetivo processo de compactação, sob apreciação da fiscalização da CMP e mediante as CTG do município do Porto.

Estes trabalhos são efetuados com a devida precaução para não danificar a camada inferior à que se vai fresar, preservar os lancis ao longo do passeio e evitar a obstrução da via de trânsito que lhe está adjacente.

A drenagem das águas superficiais é assegurada através de sarjetas situadas junto aos lancis dos passeios na Avenida 25 de Abril e pelos existentes na rua São Roque da Lameira.

6.3.4.1 Segurança e sinalização da obra

A zona de trabalho é previamente marcada com sinalização indicativa de obra e delimitada com dispositivos dissuasores para a separação das vias de trânsito, Figura 6.63, assinalando também os espaços de estacionamento e de início e fim de obra, recorrendo-se a cones de sinalização para preservar a área de intervenção.



Figura 6.63 – Sinalização de segurança da obra.

6.3.4.2 Transporte

A mistura betuminosa é transportada em camiões basculantes de caixa aberta e limpa, dimensionados especificamente em razão do volume diário ditado pelo imperativo da obra. Estes camiões estão obrigatoriamente providos de uma lona de proteção na envolvente de toda a caixa, com o objetivo de evitar o arrefecimento do material. Acresce referir que esta caixa de receção deve garantir uma altura suficiente para não estar em contacto com a tremonha da pavimentadora, no intuito de manter o fornecimento ininterrupto do material.

6.3.4.3 Fresagem

Os equipamentos que promovem a remoção da camada superficial do pavimento são duas fresadoras, uma com a largura máxima de trabalho de 2,0 m e outra com 0,60 m, ambas, porém, com a profundidade de fresagem ajustável ao pretendido. Na Figura 6.64 estão ilustrados estes dois equipamentos.



a) Fresadora de maior dimensão



b) Fresadora de menor dimensão

Figura 6.64 – Equipamento de fresagem.

A fresa com menores dimensões é essencialmente usada nas zonas de difícil acesso, designadamente, junto aos lancis, nos cantos junto às sarjetas e nas envolventes às tampas existentes nas vias. Trata-se, pois, de um mecanismo vocacionado para trabalhar em espaços exíguos, tornando a realização das operações mais simples. Contudo, não garante rendimentos significativos, nem uniformidade das espessuras fresadas.

Por sua vez, a fresa de maiores dimensões é sobretudo utilizada para vencer distâncias longitudinais, onde as dimensões do arruamento o permitem, sendo constituída por um cilindro com dentes de corte e por um transportador dobrável hidráulico para descarga do material fresado no camião basculante. Os produtos sobrantes são transportados para vazadouro de acordo com plano de prevenção e de gestão de resíduos de construção e demolição.

A espessura de corte estipulada para a execução deste trabalho de aplicação da recarga betuminosa é de 6,0 cm, valor mínimo que salvaguarda o bom desempenho da camada superficial ao longo da sua vida útil. A Figura 6.65 exemplifica uma operação de fresagem.



a) Medição da espessura da camada



b) Via de trânsito fresada

Figura 6.65 – Operação de fresagem.

As juntas de trabalho servem para proporcionar a ligação e coesão entre as secções do pavimento existente e o que se encontra em beneficiação, executadas ora longitudinalmente entre as duas vias da faixa de rodagem, ora transversalmente entre as áreas em questão. Estas juntas são cortes alinhados com bordo vertical e são executadas com recurso a meios mecânicos, não se admitindo juntas sobrepostas entre as sucessivas camadas.

No decorrer do processo, sempre que se constata um desnível entre as cotas do pavimento e o das caixas de visita, porventura devidas a abatimentos, torna-se indispensável contornar esta irregularidade antes ainda da aplicação da recarga betuminosa.

Pese embora estas situações de desnível, circulam por vezes veículos sobre a área fresada. Mesmo que isso seja feito a título precário, importa acautelar a ocorrência de danos na passagem dos rodados sobre as caixas. Para obstar este inconveniente, são colocados provisoriamente resíduos dos materiais fresados à volta das caixas, que são depois compactados e rampeados, de forma a atenuar minimamente os impactos. A Figura 6.66 retrata a regularização do pavimento.



a) Junta de fresagem



b) Correção de desnível em torno da caixa

Figura 6.66 – Regularização do pavimento fresado.

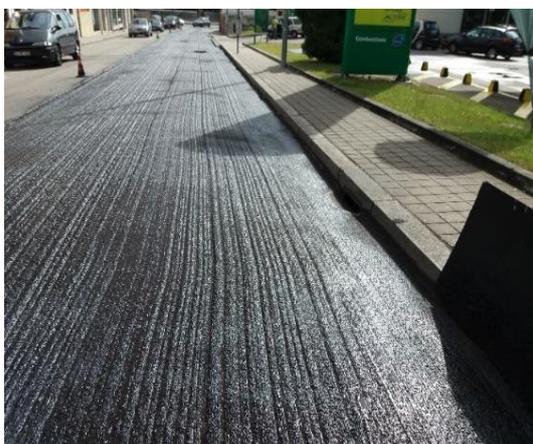
6.3.4.4 Rega de colagem

Em sequência da fresagem segue-se o processo de limpeza da superfície da camada, removendo todo o material solto e eventuais detritos orgânicos, através de uma varredora mecânica e de uma vassoura manual para zonas de difícil acesso, que pressupõe que a superfície esteja francamente seca e disponha de condições meteorológicas favoráveis.

A aplicação uniforme da emulsão betuminosa (rega de colagem, com emulsão betuminosa modificada ECR-1m, com taxa de espalhamento superior a $0,5 \text{ kg/m}^2$ de betume residual) efetua-se para a ligação entre a camada de regularização (existente) e a camada de desgaste a ser aplicada, por ação de um camião cisterna equipado com um sistema de pulverização na sua traseira para garantir uma boa homogeneização da superfície e a ligação plena entre as duas camadas, de forma a comportarem-se como um sistema único. A rega de colagem terá de realizar-se a uma temperatura inferior a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ para não ocorrer a rotura prematura da emulsão, onde os valores recomendados para a sua aplicação se situam no intervalo entre os $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e os $60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para garantir a eficiência da ligação entre as camadas, torna-se necessário aguardar que a emulsão betuminosa entre em rotura, situação que é perceptível com a sua mudança de cor.

As zonas críticas são as juntas longitudinais e transversais, que exigem que a rega de colagem se repita sucessivas vezes, de forma a garantir a ligação entre as vias de trânsito e a uniformidade de coesão do pavimento. A Figura 6.67 reporta-se à rega de colagem.



a) Aplicação da emulsão betuminosa



b) Colmatação da junta

Figura 6.67 – Rega de colagem.

6.3.4.5 Pavimentação

A materialização da pavimentação é conseguida com recurso a uma pavimentadora de rastros, Figura 6.68, equipamento principalmente composto por uma mesa espalhadora flutuante de extensão hidráulica para repartir uniformemente a mistura betuminosa e um trator que contém uma tremonha para receber o material proveniente do camião. A pavimentadora trabalha em conjunto com o camião acoplado na sua dianteira, porque não tem capacidade de acolher todo o material que o camião transporta. Este material é conduzido por uma cinta transportadora até à parte traseira e distribuído à largura da área de pavimentação, sofrendo um processo de pré-compactação ao passar pela mesa vibradora.

Dentro das multifunções que este equipamento comporta, distingue-se o sistema de pré-compactação, sistema de aquecimento, sistema de vibração e rebocadora, os quais permitem em conjunto cumprir os valores das espessuras pré-definidas, inclinações transversais e alinhamentos projetados, além de corrigir irregularidades nos acabamentos.

A pavimentadora abrange toda a via de trânsito do local em causa, contendo uma largura de operação até 5,0 m, permitindo ajustar-se aos variados troços que vai percorrendo. Em zonas inacessíveis à movimentação da máquina, particularmente junto aos lancis do passeio, a mistura betuminosa é espalhada manualmente com o auxílio de pás e rodos.



a) Camião acoplado na pavimentadora



b) Camada de betão betuminoso

Figura 6.68 – Processo de pavimentação.

A guia de transporte que acompanha o material desta camada superficial deve, obrigatoriamente, mencionar a especificação do produto e a sua quantidade.

A medição da temperatura do material realiza-se diariamente com um termómetro digital, registando valores compreendidos entre 160 – 170 °C, os quais estão em conformidade com as normas exigidas para a consistência adequada do betume. Sobre o tema vem a propósito notar que à saída da central, a

temperatura média das amostras aferidas em diferentes dias da obra atinge os 180 °C. A Figura 6.69 apresenta situações de controlo de obra.



a) Guia de transporte da mistura



b) Temperatura da mistura

Figura 6.69 – Situações de controlo na obra.

Acautelaram-se ainda os seguintes aspetos inerentes a este processo:

- Espalhamento de forma contínua executado em tempo seco;
- Rigorosa atenção ao declive do arruamento e a aplicação do betuminoso junto às sarjetas, afim de prevenir situações de obstrução e a assegurar a eficiência do escoamento das águas pluviais;
- Espalhar o material manualmente com o rodo, ao longo do arruamento, para que o material fino penetre e interiorize nos vazios do pavimento;
- Apenas quando ocorrer a rotura da emulsão betuminosa aplicada na rega de colagem, é que é possível iniciar o processo de espalhamento do betão betuminoso.

6.3.4.6 Processo de compactação

As operações de compactação dentro dos limites especificados visam garantir a estabilidade, a durabilidade e a resistência à fadiga da camada. Os três tipos de equipamentos utilizados nesta obra são: cilindro de rolos de rasto liso com sistema vibratório, cilindro de pneus com sistema estático e a placa vibratória. A compactação deste revestimento reduz ainda os índices de vazios, proporciona uma superfície suave e aumenta a sua vida útil. Nas Figura 6.70 e Figura 6.71 observam-se estes três tipos de equipamentos.



a) Cilindro de rolos de rasto liso



b) Cilindro de pneus

Figura 6.70 – Processo de compactação.

No método de compactação vibratória, a vibração do cilindro transmite sucessivas cargas à camada, levando a que as ondas se propaguem para as suas zonas mais profundas, favorecendo a aproximação entre partículas.

No cilindro de pneus com sistema estático, o betuminoso é compactado pela ação proveniente do próprio peso da máquina. O efeito conseguido por este equipamento apenas é sentido nas camadas superficiais, pois a pressão estática vai diminuindo gradualmente nas camadas mais profundas. A pressão estática aumenta com o peso da máquina ou com a diminuição da sua área de contato com o solo. A função do pneu é vedar e selar a superfície, levantando os materiais finos para melhorar o grau de impermeabilização e proporcionar um bom acabamento final. Este processo é finalizado com a passagem do cilindro de rolos de rasto liso com a função vibratória desligada, uniformizando a superfície do pavimento após a passagem do pneu.

Para não danificar as caixas de visita e tetos móveis é necessário desligar a função vibratória do cilindro a cerca de 0,50 m, podendo-se usar em alternativa a placa vibratória. O uso desta placa intensifica a compactação de juntas, onde as partículas são movimentadas e reagrupadas de forma mais densa.

Para impedir a aderência dos materiais do pavimento aos pneus ou ao cilindro, são aplicados assiduamente líquidos nestes componentes, com propriedades antiaderentes à base de solventes vegetais, proporcionando deste modo um aumento da vida útil dos pneus e do cilindro.



Figura 6.71 – Placa vibratória.

Em seguida, resumem-se os procedimentos básicos para uma ótima execução da compactação desta camada:

- Desligar a vibração antes de mudar de direção ou de parar o rolo para não provocar a desagregação da mistura;
- Manobras com movimentos suaves;
- Compactação em linha reta, ida e volta;
- Velocidade dos cilindros constante;
- Não deixar o cilindro vibrador parado sobre o betuminoso quente;
- Compactar junto da fresadora para que a temperatura do material se mantenha próxima da temperatura a que se processa o espalhamento;
- Grau de compactação de 97%;
- Testar o funcionamento do sistema de aspersão de água em cada cilindro, por forma a prevenir que o material fique agarrado ao rolo ou pneu, reduzindo as inconveniências das paragens forçadas;
- A velocidade de operação e o número de vezes que a máquina passa sobre o pavimento são fatores determinantes no resultado final da compactação.

6.3.4.7 Acabamentos e limpeza da superfície de desgaste

Nesta fase dos trabalhos pretende-se colmatar os vazios superficiais através da distribuição de areia fina sobre o pavimento, apoiada em vassouras manuais, evitando assim o rearranjo nos espaços vazios provocados pela ação da passagem dos veículos. Em paralelo, procede-se à limpeza dos órgãos de drenagem, removendo todo o tipo de detrito orgânico ou inorgânico depositado nas sarjetas do tipo “boca de lobo”. A Figura 6.72 retrata estas tarefas.

A concretização desta fase permite que o trânsito possa ser restabelecido sobre a nova via, ainda que sem as respetivas marcas rodoviárias.



a) Espalhamento da areia



b) Limpeza dos órgãos de drenagem

Figura 6.72 – Limpeza e acabamentos.

6.3.4.8 Marcas rodoviárias

A fase final da intervenção consiste em promover as marcas rodoviárias, Figura 6.73, ao longo da rua e das travessias, de forma a regularizar a circulação e a orientar os utentes na via pública. Em conformidade com as etapas normativas para a execução deste trabalho procedeu-se à pré-marcação, preparação da superfície e pintura das marcas longitudinais e transversais.

Para a pré-marcação da superfície recorreu-se a um cordel para fazer de guia e com o auxílio de um marcador com ponteira de giz, executou-se a piquetagem por pontos ou traços. A pintura requer que a superfície se encontre seca e livre de sujidade, detritos ou poeiras.

Na pintura das marcas rodárias recorreu-se ao material termoplástico de aplicação a quente adotando o método manual (por moldagem). A marcação é realizada manualmente por sobreespessura gravítica e com recurso a moldes pré-fabricados, devendo as caldeiras de aquecimento estar munidas de dispositivos de agitação mecânica, para contrariar a segregação dos diversos constituintes. Das características principais indicam-se as seguintes:

- Espessura seca de 2,5 a 3,0 mm;
- Temperatura de aplicação entre os 165 °C e 190 °C;
- Tempo de secagem de 2 a 3 minutos.

As marcas longitudinais executadas no caso de estudo foram:

- M1 – Linha contínua;
- M2 – Linha descontínua;
- M4 – Linha descontínua de aviso;
- M8 – Linha de paragem;
- M8a – Linha de paragem STOP;
- M9a – Linha de cedência de passagem;
- M11 – Passagem para peões.



a) Aplicação do material termoplástico



b) Marcas implantadas no arruamento

Figura 6.73 – Marcas rodoviárias.

6.3.5 Enquadramento Regulamentar da Mistura

A entidade adjudicatária apresentou à CMP o certificado de desempenho da mistura betuminosa AC 14 Surf 35/50 a ser aplicada na camada de desgaste na obra em estudo. Os ensaios efetuados, sob responsabilidade do adjudicatário, compreendem o ligante betuminoso, os agregados e o fíler.

O significado das abreviaturas deste material usado na camada de desgaste da obra, abrange os seguintes elementos:

- AC – “Asphalt Concrete” que representa designação do produto;
- 14 – produzido com um agregado cuja a abertura do peneiro superior é igual a 14 mm (D=14mm);
- Surf – referente à camada de desgaste;
- 35/50 – designação do tipo de ligante utilizado, sendo este produzido por um betume com gama de penetração de 35/50;
- BB – representa a designação da mistura em Portugal, betão betuminoso.

6.3.6 Mapa de Equipamentos

A Tabela 6.17 e a Tabela 6.18 transmite a perspetiva da área de trabalho realizada e os equipamentos mecânicos e manuais utilizados diariamente.

Tabela 6.17 – Mapa de equipamentos mecânicos.

Tipo de Equipamento Mecânico	Data					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6
Fresadora - 0,60 m	1	1		1		
Fresadora - 2 m		1		1		
Varredora mecânica	1	1	1	1	1	
Pavimentadora	1		1		1	
Cilindro de rolos	1		1		1	
Cilindro de pneus	1		1		1	
Placa vibratória	1		1		1	
Depósito rega manual	1		1		1	
Camião cisterna			1		1	
Camião basculante	1	2	2	2	2	
Trailer	1				1	
Depósito de tinta						1
Total diário	9	5	9	5	10	1
Área de trabalho (m ²)	75	975	975	950	950	2000

Tabela 6.18 – Mapa de equipamentos manuais.

Tipo de Equipamento Manual	Data					
	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6
Picareta	2	2	2	2	2	
Vassoura	2	4		4		
Pá de bico	2	2		2		
Pá de corte	2	4				
Pulverizador	1		1		1	
Maço	3		2		2	
Rodo	1	1	1	1	1	
Fita métrica	1	1		1		
Carro de mão	1	1	1	1	1	
Termómetro digital	1		1		1	
Balde de rega			1		1	
Ponteira						1
Molde						1
Balde de tinta						1
Total diário	16	15	9	11	9	3

6.3.7 Análise Conclusiva

Esta obra de beneficiação de pavimento decorreu num curto espaço de tempo de apenas 6 dias, cumprindo os objetivos previstos da CMP, da empresa contratante e da empresa adjudicatária.

Quanto a aspetos menos conseguidos, regista-se que os tetos moveis ficaram a uma cota inferior ao pavimento, situação que ficou pendente até ser corrigida. Por outro lado, as marcas rodoviárias que justificariam ser implementadas logo após a conclusão da operação de pavimentação, mormente nesta zona da cidade com elevada presença de utentes na via pública, apenas se verificam ao fim de 16 dias.

A limitação de maior relevância com que a obra se deparou diz respeito à classificação do local e à sua compatibilização com as exigências do tráfego. Com efeito, a área de intervenção esteve permanentemente sujeita a restrições horárias, devido a facto de se encontrar numa via de ligação privilegiada de circulação rodoviária, nomeadamente de transportes coletivos públicos e privados entre o centro do Porto e Gondomar. Mesmo perante este condicionamento imposto pela pressão do trânsito que efetivamente dificultou os tempos de execução das diversas tarefas, tornou-se possível cumprir o programa da obra e respeitar os normativos definidos nas CTG do município do Porto.

6.4 REQUALIFICAÇÃO URBANA NA RUA DO MORGADO DE MATEUS E NA RUA DO BARÃO DE SÃO COSME

6.4.1 Introdução

No âmbito do projeto integrado de requalificação urbana desenvolvido pela CMP para as ruas de Santos Pousada, Duque da Terceira, Morgado de Mateus, Cidália Meireles, Fernandes Tomás e no Campo 24 de Agosto, estão definidas intervenções de beneficiação das redes hidráulicas existentes no subsolo, melhoria das condições de acessibilidade da rede pedonal e rebaixamento das travessias pedonais.

Estas ruas foram selecionadas como área de intervenção por salvaguardarem um dos principais acessos ao centro da cidade, apresentarem níveis elevados de degradação e para abolir o estacionamento ilegal e abusivo.

Com efeito, trata-se de uma vasta intervenção que visa resolver um dos principais problemas de águas pluviais existente na cidade do Porto, situado justamente na envolvente do Campo 24 de Agosto, pois nesta zona passam várias ribeiras cujo percurso foi afetado pelas obras do metro, fazendo com que nos dias de maior pluviosidade as inundações naquele local sejam frequentes. Além disso, estas obras são consideradas fundamentais para garantir um serviço em boas condições de segurança, saúde pública e proteção ambiental.

O programa em causa conta com várias frentes de trabalho a cargo das Águas do Porto, E.M., englobando uma área de intervenção de 29500 m², distribuídas pelos arruamentos atrás referidos, com o objetivo de reabilitar um dos principais acessos ao centro da cidade.

O presente caso de estudo enquadra-se na 2ª fase da intervenção na rua do Morgado de Mateus e na rua do Barão de São Cosme, adjudicada à Socopul – Sociedade de Construções e Obras S.A e sob fiscalização das Águas do Porto, E.M. e da CMP.

Neste contexto, efetuou-se um levantamento das necessidades locais e elaborou-se um conjunto de projetos que propõem para estas duas ruas em estudo, o seguinte:

- Remodelar a rede de abastecimento de águas, águas pluviais e águas residuais;
- Retificar o alinhamento do arruamento para uma via com o objetivo de eliminar o estacionamento ilegal, integrar o estacionamento nos dois lados da via e alargar os passeios, de forma a melhorar os acessos no local;
- Pavimentar a totalidade dos arruamentos em paralelepípedos e cubos de granito com arestas de 11 cm;
- Aplicar betão liso nos passeios em substituição da betonilha esquartelada existente;

- Alargar os passeios junto às passadeiras, melhorando as acessibilidades e facilitando a instalação de equipamento urbano no local;
- Colocar equipamentos enterrados de deposição coletiva, nomeadamente os “citytainer”;
- Substituir a iluminação pública por LED;
- Plantar árvores inseridas em caldeiras;
- Reposicionar o equipamento urbano existente, favorecendo a envolvente urbanística no local.

6.4.2 Enquadramento do Local da Obra

6.4.2.1 Localização geográfica

O local da obra concentra-se na freguesia do Bonfim do concelho do Porto, na rua do Morgado de Mateus e na rua do Barão de São Cosme, Figura 6.74, que são dois arruamentos de sentido único, interligados entre si. Na sua envolvente encontra-se de um lado o Jardim de São Lázaro e a biblioteca municipal do Porto (poente) e do outro o Campo de 24 de Agosto (nascente), onde se situa um terminal rodoviário e um interface com o metro do Porto.



Figura 6.74 – Extensão total de obra nas ruas do Morgado de Mateus e na rua do Barão de São Cosme (fonte: Google Earth, 2017).

6.4.2.2 Classificação: ordenamento do território

Carta de Hierarquia Rodoviária

De acordo com o PDM do Porto Título IV, no Capítulo III, na Secção III e no artigo 52.º, a rede viária da rua do Morgado de Mateus está classificada, no tramo junto ao Campo 24 de Agosto, como eixo urbano estruturante e de articulação intermunicipal, mas na zona que é objeto deste estudo está classificado como rua de provimento local, Figura 6.75. Tem como função principal o abastecimento dos usos nela localizados, designadamente a habitação e os equipamentos existentes.



Figura 6.75 – Planta da carta de hierarquia da rede rodoviária (fonte: CMP, 2012a).

Carta de Qualificação do Solo

Em conformidade com o PDM do Porto Título III, no Capítulo II e na Secção II, III e IX, o local em estudo é classificado segundo estas três categorias: área de frente urbana contínua consolidada, área de frente urbana contínua em consolidação e área verde privada a salvaguardar, tal como expressa a Figura 6.76.

A primeira classificação corresponde às áreas estruturadas em quarteirão, com edifícios localizados predominantemente à face dos arruamentos, em que o espaço público e as frentes urbanas edificadas que o conformam se apresentam estabilizados, pretendendo-se a manutenção e valorização das malhas e morfologia existentes.

A segunda classificação é relativa a áreas estruturadas em quarteirão com edifícios localizados, predominantemente, à face dos arruamentos, em que o espaço público se encontra definido e em que as frentes urbanas edificadas estão em processo de transformação construtiva e de uso, pretendendo-se a

manutenção e reestruturação das malhas e a consolidação do tipo de relação do edificado com o espaço público existente. Contemplam zonas mistas com predominância do uso habitacional.

A última classificação corresponde a prédios e jardins não afetos à utilização coletiva, sendo considerados relevantes na imagem da cidade e promotores de qualidade ambiental urbana.

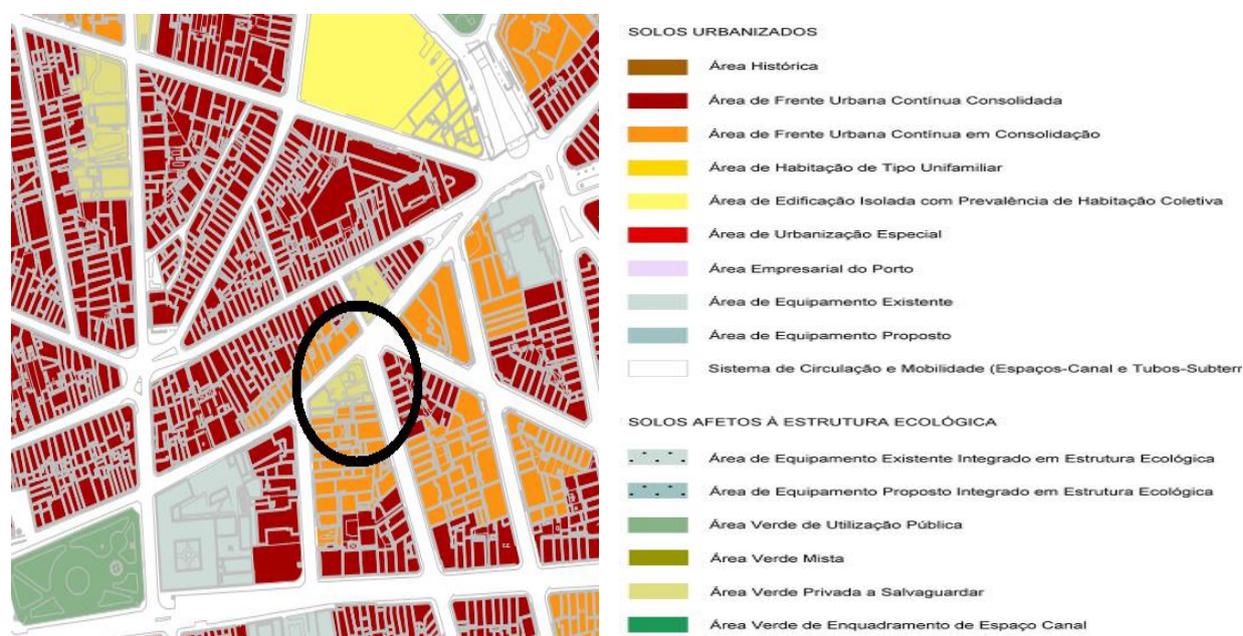


Figura 6.76 – Planta da carta de qualificação do solo (fonte: CMP, 2017).

Estudo Geológico e Geotécnico

Segundo a Carta Geotécnica Do Porto, Figura 6.77, as duas ruas em estudo situam-se sobre as unidades geotécnicas G8 e G9, que correspondem a solos residuais graníticos compactos a maciço rochoso de muita fraca qualidade e a maciço granítico rochoso de fraca a excelente qualidade, respetivamente. A segunda fase da obra consistiu apenas na unidade geotécnica G8.

O maciço granítico do local pode-se classificar como um solo do tipo SM – areia siltosa, de acordo com a classificação unificada dos solos. Este tipo de materiais apresenta baixa deformabilidade, elevada resistência ao corte e ajustados à fundação dos pavimentos.



Figura 6.77 – Extrato da carta geotécnica do Porto.

6.4.3 Levantamento Topográfico

O levantamento topográfico ocorreu antes do começo da obra, sobre responsabilidade da CMP, procedendo à recolha das informações pormenorizadas de pontos do terreno, que possibilita a sua representação altimétrica e planimétrica, onde surgem identificados os lancis e cotas de soleiras existentes. A posição altimétrica é determinada por um conjunto de curvas de nível, cujos pontos da mesma altitude da superfície do terreno são ligados por linhas, com cotas referenciadas ao nível do mar, permitindo observar o relevo das ruas em questão.

As características principais contempladas no projeto em estudo, são:

- A escala usada foi 1:200;
- Altimetria – varia entre a cota 95 m e 96 m, correspondendo a um desnível de 1 m;
- Encontra-se georreferenciado no DATUM ETRS89;

Desta forma, a planta topográfica representada no Anexo VI identifica as inúmeras posições dos lancis e das cotas de soleiras existentes no projeto relativas aos dois arruamentos.

6.4.4 Obstáculos Físicos à Acessibilidade Pedonal

No seguimento do levantamento efetuado sobre a permanência de obstáculos anteriores à 2ª fase da obra, Figura 6.78, foram identificados os seguintes:

- Árvore localizada na travessia de peões;
- Sinal vertical (H7) posicionado no centro do passeio;

- Sarjeta localizada na passagem de peões;
- Altura do lancil na passagem de peões superior a 0,02 m.

Estas inconformidades são agora ultrapassadas com a tomada das seguintes medidas: retirar a árvore por falta de espaço nas imediações (presença de citytrainer), reposicionar o sinal de informação H7 junto à berma do passeio, construir a sarjeta a montante da nova passagem de peões com afastamento de pelo menos 1,0 m e executar o rebaixamento do passeio até à cota da faixa de rodagem.



a) Localização incorreta da árvore



b) Sinal vertical mal posicionado



c) Sarjeta mal posicionada e ressalto no lancil

Figura 6.78 – Obstáculos anteriores à obra (fonte: Google Maps, 2014).

6.4.5 Características Geométricas do Traçado

Para definir geometricamente o desenvolvimento dos arruamentos do presente projeto, ou seja, o seu traçado, recorreu-se aos seguintes elementos:

- Traçado em planta;
- Perfil longitudinal;
- Perfis transversais tipo.

No traçado em planta, a diretriz é geometrizada por alinhamentos retos concordados por uma curva circular simples, com o raio definido em planta. A extensão na rua do Morgado de Mateus (1ª e 2ª fase) é de 228,56 m e na rua do Barão de São Cosme é de 31,66 m.

No desenvolvimento do perfil longitudinal, houve a preocupação de ajustar a rasante, tanto quanto possível às cotas definidas pelas soleiras das habitações existentes ao longo dos arruamentos, considerando a inclinação dos passeios variável entre 1% a 4%, a altura dos lancis igual a 0,12 m e a inclinação transversal da via com 2,5 % e 4 %.

A largura dos perfis transversais tipo dos dois arruamentos, Figura 6.79, foi definida tendo por base o layout resultante da planta de arquitetura.

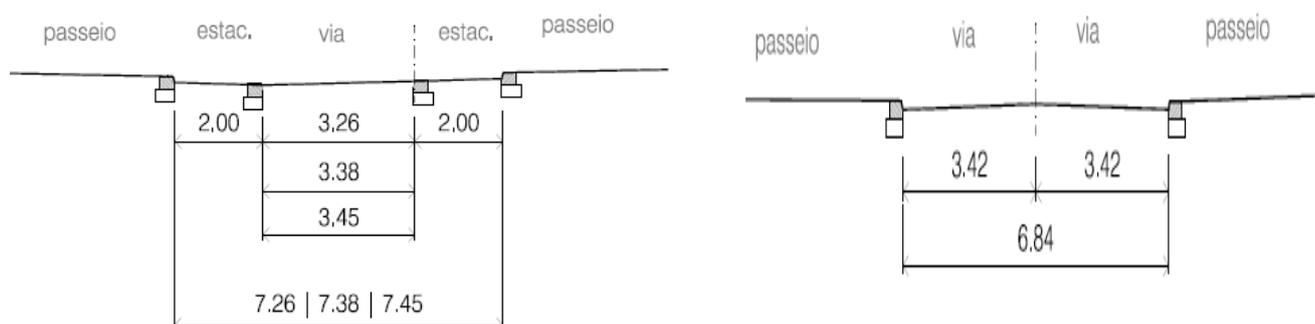
O perfil transversal tipo para a rua do Morgado de Mateus tem uma largura de variável entre 7,26 m e 7,45 m, compreendendo uma via de sentido único com estacionamento de ambos os lados. Apresenta inclinação a uma água para o lado mais favorável à execução da obra, mantendo a mesma tipologia que existia antes da intervenção, facilitando assim o processo de drenagem.

Na rua de Barão de São Cosme, o perfil tem uma largura de 6,84 m, com eixo na zona central, apresentando duas vias com sentido único e sem estacionamento. Comporta inclinação a duas águas com os órgãos de drenagem situados junto aos lancis dos dois lados da faixa de rodagem, de que resulta um aumento da capacidade de escoamento das águas superficiais. A solução adotada tem em consideração o perfil transversal existente na zona não intervencionada do arruamento.

As inclinações transversais consideradas são de 4 % para as vias de trânsito, entre 2 % e 4 % para as zonas de estacionamento e de 1 % a 3 % nos passeios.

De acordo com o PDM do Porto, as faixas de rodagem de duas vias de trânsito e com cota distinta dos passeios, a largura de cada uma dessas vias deve ser, em regra, igual a 3,25 m. Quando a faixa de rodagem é composta por uma única via de circulação, a sua largura deve ser, em regra, igual a 3,45 m. Comparativamente com as soluções definidas em projeto, verifica-se que os perfis transversais implementados em obra se enquadram justamente nos requisitos previstos no regulamento.

Em conformidade com o PDM do Porto, a largura dos lugares de estacionamento dispostos de forma longitudinal e ao longo dos passeios não deve ser inferior a 2,0 m, tendo o comprimento de cada lugar uma dimensão de referência de 5,5 m, situação que também se observa nos lugares de estacionamento criados na rua do Morgado de Mateus.



a) Perfil transversal da rua do Morgado de Mateus

b) Perfil transversal da rua do Barão de São Cosme

Figura 6.79 – Perfis transversais tipo.

6.4.6 Condições de Acessibilidade Pedonal

6.4.6.1 Rede pedonal

Tento em conta que se trata de uma zona de elevado tráfego pedonal, a implementação do projeto revela-se de elevada importância neste ponto da cidade, na procura de proporcionar aos utentes maior conforto e segurança, principalmente a pessoas de mobilidade reduzida.

Assim, no âmbito de apoio ao peão, a solução adotada passa por prolongar os passeios para reduzir o comprimento de atravessamento, criando simultaneamente zonas de estacionamento delimitadas pelo recorte do passeio e melhores condições de circulação da rede pedonal e de visibilidade no local. Esta medida também visa baixar velocidade dos veículos e contrariar o estacionamento abusivo e ilegal.

Com base no DL n.º 163/2006 que fixa a largura mínima dos passeios em 1,50 m, dimensionamento que foi observado na execução desta obra, com exceção do troço inicial do lado poente, cuja a largura varia entre 1,35 m e 1,41 m. Porém, em processos de requalificação de espaços urbanos consolidados, como é o caso, as larguras passíveis de utilização podem ser inferiores quando se pretende criar espaços dedicados a estacionamento, sem pôr em causa o espaço vital e a segurança do peão. O PDM do Porto admite aceitar esta condição relativa aos passeios com largura inferior a 1,50 m, desde que devidamente justificável – cedência de espaço para estacionamento, ausência de obstáculos nestes passeios e a impossibilidade de alterar a topografia do terreno e do edificado existente.

De acrescentar que ao nível do mobiliário urbano e da vegetação, os passeios acomodam uma fiada de novos postes de iluminação pública, sinalização vertical, parquímetros, equipamentos para deposição de resíduos urbanos, marcos de incêndio, armários exteriores de distribuição elétrica e a incorporação de árvores.

O facto de o arruamento só ter uma via de trânsito e de ver reduzida a largura da faixa de rodagem, induz a práticas de menores velocidades, desincentiva o estacionamento em segunda fila e aumenta a segurança quer dos automobilistas quer dos peões. A Figura 6.80 representa a melhoria das condições da rede pedonal.



a) Redução da faixa de rodagem

b) Largura útil do passeio

Figura 6.80 – Beneficiação da rede pedonal.

6.4.6.2 Travessias pedonais

Em seguimento do previsto em projeto, as novas passagens pedonais foram redimensionadas e relocadas, fruto da reconfiguração e do aumento da largura dos passeios. Para além disso, ocorreu melhoramentos complementares ao nível da iluminação, ou seja, instalaram-se novos postes de iluminação junto às passadeiras.

Nas zonas das travessias pedonais procedeu-se ao rebaixamento parcial do passeio com abas abertas, no intuito de se alcançar o ressalto zero, ou seja, o desnível de valor nulo entre o topo do lancil e a faixa de rodagem, medida que também foi assegurada ao longo de todo o atravessamento. Esta solução cumpre o especificado no DL n.º 163/2006 sobre a altura do lancil a toda a largura das passagens de peões, que estabelece que a mesma não deve ser superior a 0,02 m. Na realidade, o mais pequeno desnível nas zonas de travessia cria dificuldades aos peões de mobilidade condicionada e aumenta o tempo de atravessamento.

Outra situação implementada na obra e que cumpre a legislação em vigor, diz respeito ao rampeamento no pavimento do passeio na zona imediatamente adjacente à passagem de peões, cujos valores máximos das inclinações são de 8 % e 10 %, respetivamente medidas na direção da passagem de peões e na direção do lancil.

Não menos importante, sublinha-se o facto da largura livre do estreitamento do canal de circulação pedonal nos passeios destes arruamentos, ter ficado acima do valor mínimo recomendável de 1,20 m, variando justamente entre 1,50 m e 2,07 m, conforme a planta de arquitetura representada no Anexo VI.

Os lugares de estacionamento encontram-se totalmente delimitados em recorte no passeio, acautelando a visibilidade dos peões pelo condutor, não sendo aplicável nesta circunstância a distância mínima de 5,0 m, medida no sentido de aproximação do veículo, entre o final da zona de estacionamento e o início da marca rodoviária M11.

Com base no critério existente, a localização dos órgãos de drenagem foi também retificada, pelo que os sumidouros e as sarjetas situam-se agora a montante da passagem no sentido de drenagem superficial e fora das passadeiras, com afastamento lateral da marca rodoviária M11 igual ou superior a 1,0 m.

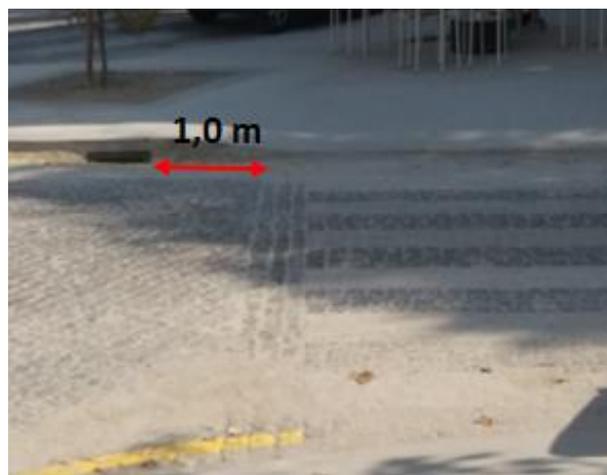
As inclinações na área ocupada pela marca rodoviária M11 executaram-se com a inclinação transversal máxima de 1 % e a inclinação longitudinal uniforme de 4 %, valores enquadráveis na regulamentação em vigor, que são iguais ou inferiores a 2 % e a 5 %, respetivamente.

Na largura da passagem de peões foi adotada a distância recomendável de 4,0 m, sendo constituída por barras longitudinais paralelas ao eixo da via com espessura de 0,50 m, alternadas por intervalos regulares com a mesma medida.

A Figura 6.81 exemplifica duas travessias pedonais do local com as respetivas barras longitudinais, linha de paragem, resalto zero, rampeamento e o posicionamento da sarjeta.



a) Rebaixamento parcial do passeio



b) Posicionamento da sarjeta

Figura 6.81 – Travessias pedonais.

6.4.7 Descrição dos Trabalhos e Equipamentos usados em Obra

6.4.7.1 Segurança e sinalização da obra

O local da obra foi objeto de uma avaliação prévia por parte das entidades de gestão da empreitada e pelo Departamento Municipal de Mobilidade e Gestão da Via Pública da CMP, a fim de serem emitidos os licenciamentos necessários para os condicionamentos de trânsito e de estacionamento. Seguiu-se a colocação da respetiva sinalização, a instalação das vedações tipo “bekaert” em toda a periferia da obra e procedeu-se à implantação e piquetagem de marcas com recurso a fios e a tinta spray, assinalando assim, os pontos de referência e os respetivos desníveis, Figura 6.82.



a) Placa de obra

b) Sinalização de condicionamento de trânsito

c) Marca de referência

Figura 6.82 – Sinalização da obra.

6.4.7.2 Demolições do pavimento existente

Conforme a identificação dos elementos a demolir previstos em projeto, Anexo VI, toda a pedra de granito existente deve ser transportada para depósito definido pela CMP, com exceção dos cubos e dos paralelos de granito que serão aproveitados para recolocação em obra. Por sua vez, o material considerado como entulho pela fiscalização deve ser transportado pelo empreiteiro a vazadouro, nos termos do DL n.º 46/2008, legislação sobre a gestão de resíduos de construção e demolição. A remoção dos materiais dos pavimentos da faixa de rodagem, das zonas de estacionamento e dos passeios é descrita da seguinte forma:

Faixa de rodagem e zonas de estacionamento

- Levantamento, seleção e limpeza dos cubos e paralelepípedos;
- Abertura da caixa com a profundidade definida no projeto para a instalação das redes hidráulicas;
- Regularização e compactação do fundo da caixa.

Passeio

- Demolição do passeio existente em betonilha esquartelada, incluindo a sua fundação;
- Escavação das camadas adjacentes numa espessura de 0,30 m, incluindo a regularização e a compactação;
- Remoção dos lancis/guias existentes em granito e da respetiva fundação.

6.4.7.3 Redes hidráulicas

Após a escavação da vala até à cota indicada em projeto, desativação e remoção dos coletores das redes hidráulicas antigas, seguiu-se a fase de regularização e compactação do leito da vala, de forma a proceder-se ao assentamento das três tubagens hidráulicas através da ação de uma escavadora giratória apoiada sobre esteiras. Para o efeito, é colocada uma “almofada” em pó de pedra granítica com 0,10 m de espessura sob os coletores, à volta dos quais é aplicada uma camada de recobrimento do mesmo material e com a mesma espessura, a partir do extradorso superior das tubagens. Com os coletores alinhados e já devidamente protegidos são colocadas as correspondentes fitas sinalizadoras de identificação.

Em simultâneo, contruíram-se novas caixas de visita e de ligação às redes existentes e instalaram-se todos os ramais domiciliários.

A nova tubagem de abastecimento de águas a instalar é em ferro fundido dúctil (FFD), a tubagem de águas residuais é em tubo grés e a tubagem de águas pluviais é em betão de classe 4.

Em relação aos órgãos de drenagem de águas pluviais, a obra contempla a construção e realocização de sumidouros e de sarjetas do tipo “boca de lobo”, conforme disposições construtivas, localizados junto ao lancil do passeio ou na baía de estacionamento. Os sumidouros são constituídos por paredes de blocos maciços de cimento com 0,15 m de espessura e 1,20 m de altura média, com tampa em betão armado de 0,10 m de espessura, soleira em betão com 0,20 m de espessura média, incluindo pia sinfónica e dotada ainda de uma grelha de aço.

A Figura 6.83 ilustra a instalação de coletores de águas pluviais e residuais e a construção de caixas de visita.



a) Instalação dos coletores



b) Caixas de visita

Figura 6.83 – Redes hidráulicas.

6.4.7.4 Rede elétrica de baixa tensão

Acerca ainda das intervenções nas infraestruturas está considerada a alteração da rede elétrica de baixa tensão para iluminação pública, Figura 6.84. Os cabos elétricos são protegidos por tubos em PVC, enterrados na zona do passeio a cerca de 1,0 m de profundidade a partir do extradorso superior, sinalizados com uma fita vermelha e ligados à rede existente.

Este trabalho requer a coordenação entre as entidades envolvidas em obra, de forma a definir datas para a realização das tarefas programadas, nunca colocando em risco o plano segurança e saúde desenvolvido em projeto.



Figura 6.84 – Rede elétrica de baixa tensão.

6.4.7.5 Instalação de equipamentos para deposição de resíduos urbanos

Para deposição de resíduos urbanos, o projeto prevê a colocação de um equipamento do tipo enterrado, designado por “citytainer” (Figura 6.85). Para o efeito, realizou-se uma escavação na zona do passeio na rua do Barão de São Cosme com 7,0 m de comprimento, 1,60 m de largura e 2,0 m de profundidade, a que se seguiu a regularização e compactação do leito da vala. Por intermédio de um camião grua,

colocou-se neste espaço quatro cubas pré-fabricadas com capacidade de 5 m³ cada uma para albergar quatro conjuntos de contentores.

A montagem das cubas implica o tratamento das suas juntas, execução da caixa de retenção de lixiviados, colocação de um meio de extração de ar (tubo e grelha), instalação do sistema hidráulico e dos suportes dos contentores, cravação do equipamento, colocação do marco de deposição e sinalética e por último, acabamentos com material igual ou semelhante ao arruamento existente.

Atendendo a que este tipo de equipamento ocupa uma área considerável no subsolo, durante a abertura da vala verificou-se que esta operação colidia com a existência de diversas infraestruturas no subsolo (telecomunicações, elétricas, entre outros), obrigando a que estas fossem desativadas e reposicionadas.



a) Instalação das cubas pré-fabricadas



b) Infraestruturas existentes

Figura 6.85 – Instalação do citytainer.

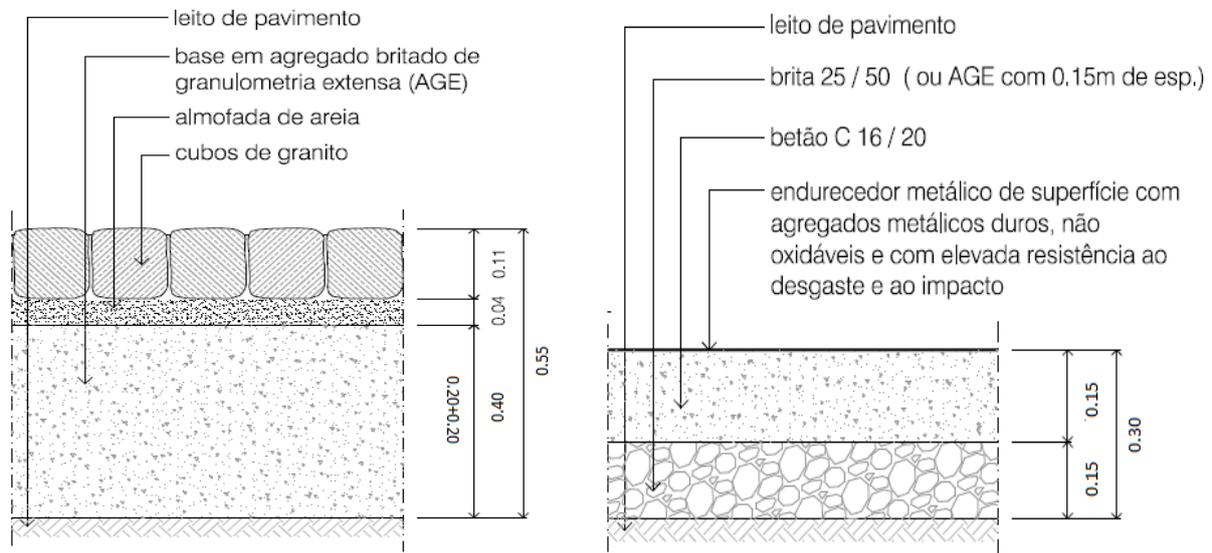
6.4.7.6 Pavimentação

A reconstituição da faixa de rodagem e da baía de estacionamento subentende uma camada de leito do pavimento em saibro e uma camada de sub-base e de base composta por ABGE, conforme os pormenores construtivos para o aterro das respetivas valas. Este solo é devidamente regularizado e compactado por camadas de 0,20 m de espessura através de um cilindro de pés de carneiro com sistema vibratório, cilindro de rolos de rasto liso com sistema vibratório e de um compactador de percussão ligeiro (saltitão), com o acompanhamento permanente da operação de rega. A camada superior é composta por 4,0 cm de areia para assentamento das peças de granito (cubos e paralelepípedos), à qual se segue a compactação e o espalhamento de areia com uma vassoura manual para colmatar as juntas.

No concerne aos passeios, aplica-se uma camada de ABGE com 0,15 m de espessura, repetindo-se o processo de regularização e compactação. Depois disso, coloca-se a camada de desgaste em betão C16/20 com 0,15 m de espessura, ação que é acompanhada da adição de um endurecedor ainda com o betão fresco, à qual se segue a fase de nivelamento e de execução de juntas longitudinais e transversais.

Ao contrário da betonilha esquadrelada, a opção pelo acabamento em betão liso torna os passeios com maior atratividade.

A Figura 6.86 representa os pormenores construtivos dos pavimentos da faixa de rodagem, baías de estacionamento e dos passeios.

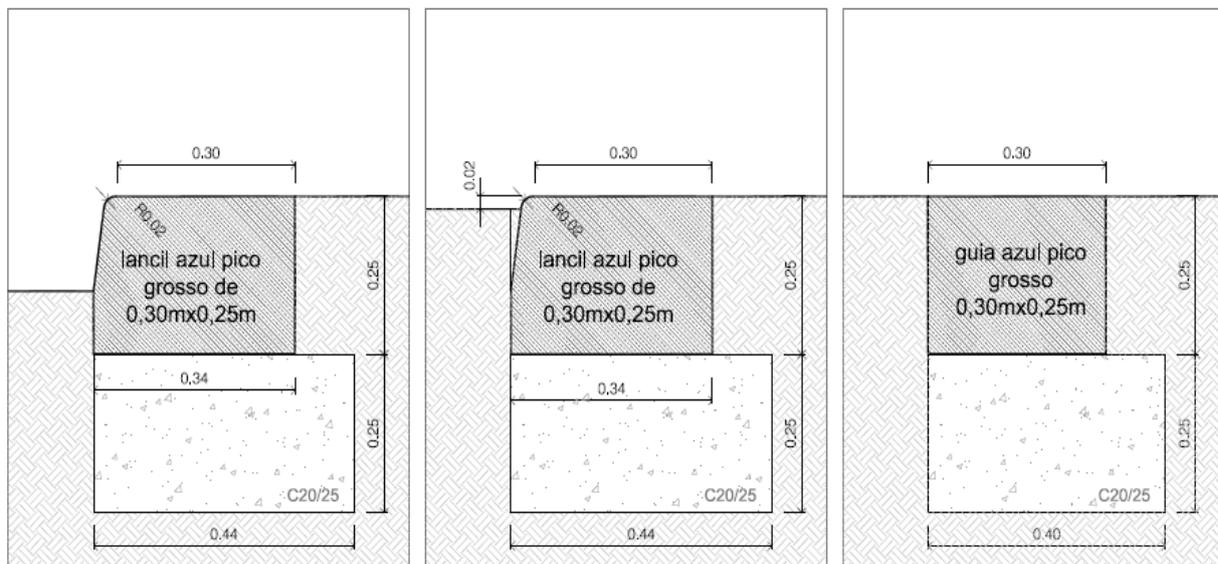


a) Faixa de rodagem/estacionamento em cubos

b) Passeios em betão liso

Figura 6.86 – Pormenores do pavimento.

Por sua vez, o assentamento dos novos lancis de granito, Figura 6.87, carece de prévia regularização e compactação do seu fundo (para uma compactação relativa mínima de 95% do Proctor modificado), sendo assentes com argamassa de cimento e areia ao traço 1:3 numa espessura máxima de 2,0 cm, sobre uma fundação contínua em betão C20/25, com a altura de 0,25 m e largura igual à largura do piso acrescida de 0,15 m, devendo as juntas ser fechadas com argamassa de cimento e areia ao traço 1:2. Estas peças de granito são rugosas, têm arestas vivas, apresentam faces planas e com comprimento variável entre 0,80 m e 1,30 m. Este trabalho é efetuado antes da execução dos passeios ou da faixa de rodagem, de forma a evitar a entrada de resíduos nas juntas.



a) Passeio

b) Travessia de peões

c) Caldeira de árvores

Figura 6.87 – Pormenores dos lancis de granito.

Outro aspeto a ter em conta durante a fase de execução da obra tem a ver com a necessidade de nivelar as tampas das caixas, sumidouros e tetos móveis, de modo a que fiquem à mesma cota do arruamento, evitando assim ressaltos ou desníveis no pavimento. A Figura 6.88 mostra as camadas constituintes do pavimento (saibro e ABGE) e a fase de assentamento dos cubos de granito.



a) Camadas do solo – saibro e ABGE



b) Assentamento dos cubos

Figura 6.88 – Pavimentação do arruamento.

6.4.7.7 Marcas rodoviárias

A sinalização horizontal executada na obra envolveu as seguintes marcas rodoviárias:

- M8 – Linha de paragem;
- M11 – Passagem para peões;
- M12 – Linha contínua junto ao limite da faixa de rodagem;
- M14a – Paragem e estacionamento para cargas e descargas.

As marcas transversais, relativas às linhas de paragem (M8) e às travessias (M11), são diferenciadas do pavimento por três fiadas em paralelepípedo de granito azul com 0,20 m × 0,11 m × 0,11 m, colocadas nos limites laterais das passadeiras e por pedra de chão retangular em betão branco com 0,10 m × 0,20 m × 0,08 m, respetivamente.

A delimitação dos lugares destinados ao estacionamento de veículos é efetuada utilizando pedra de chão retangular em betão branco com 0,10 m × 0,20 m × 0,08 m, criando linhas contínuas paralelas ao eixo da via e espaços em forma de retângulo.

A Figura 6.89 apresenta os pormenores construtivos sobre a delimitação das passadeiras e dos lugares de estacionamento.



a) Delimitação das barras de passadeiras

b) Delimitação dos lugares de estacionamento

Figura 6.89 – Pormenores das marcas rodoviárias.

Ainda sobre as marcas reguladoras do estacionamento e paragem, a obra contempla a sinalização das marcas rodoviárias M12 e M14a, com tinta acrílica de cor amarela e de 0,10 m de largura.

6.4.8 Análise Conclusiva

Genericamente, a intervenção de requalificação urbana incrementada nesta zona predominantemente habitacional, redundou na melhoria da circulação pedonal, na beneficiação das infraestruturas hidráulicas e na restrição do tráfego de veículos. Neste sentido, as soluções construtivas sobre a redução da largura da faixa de rodagem, aumento de áreas pedonais, estacionamentos tolerados, bem como a tipologia de revestimentos aplicados no pavimento (cubos) que, na prática, induzem a menores velocidades de circulação, estão de acordo com os objetivos preconizados pelo promotor da obra.

Para além da solução harmoniosa implementada no local, Figura 6.90, os trabalhos realizados em matéria de soluções construtivas, dimensionamentos e acessibilidades cumprem as disposições regulamentares definidas nas CTG, PDM do Porto e no DL n.º 163/2006.

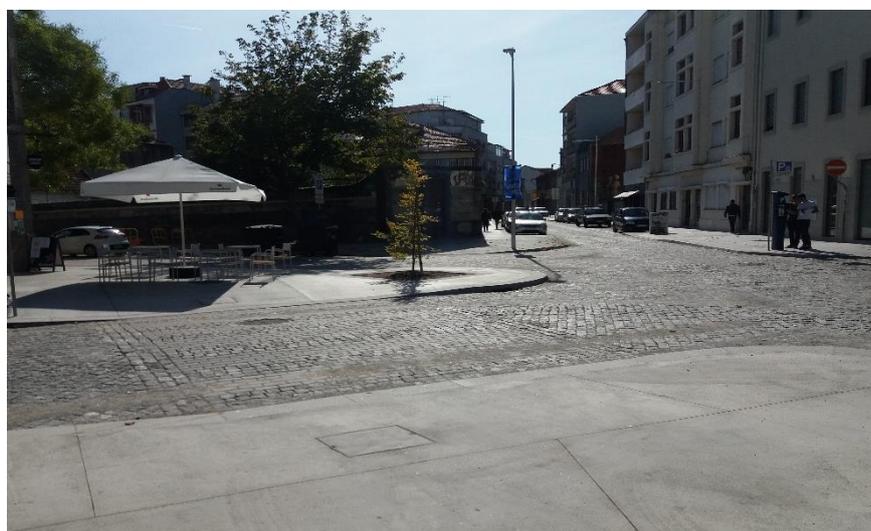


Figura 6.90 – Vista final da intervenção.

6.5 OBRAS NO MUNICÍPIO DO PORTO DECORRIDAS DURANTE O PERÍODO DE ESTÁGIO

Em sequência dos casos de estudo atrás explicitados, pretende-se agora evidenciar a globalidade da atividade desenvolvida pela DMOSIP durante o período de estágio, em que a gestão e controlo de obras é distribuída pelas seguintes áreas:

- Coordenação da fiscalização em obras de urbanização da responsabilidade da Empresa Municipal de Gestão e Obras do Porto (GOP);
- Coordenação da fiscalização em obras de ocupação do subsolo;
- Coordenação da fiscalização em obras decorrentes de avarias comunicadas.

Para o efeito, as figuras abaixo apresentadas, representam o volume de obras de natureza interventiva referente às situações atrás mencionadas, cujo processo de elaboração gráfica assenta num conjunto de ferramentas pertencentes à Microsoft, designadas por Power Bi.

Este software empresarial de gestão e controlo de obras permite criar, desenvolver e analisar diversos dados monitorizados, expondo os resultados de uma forma perceptível e visualmente atraente, consolidados num único painel. É uma solução extremamente interativa e personalizável para o tratamento de dados, que permite conectar-se a centenas de fontes de dados, podendo ser publicados online ou em diversos dispositivos móveis.

A GOP é uma empresa municipal criada pela CMP para a gestão de obras públicas na cidade do Porto, com a função de assegurar a requalificação e promoção de intervenções, principalmente, em arruamentos, bairros, escolas e outros espaços urbanos. A Figura 6.91 ilustra o painel de visualização de obras a iniciar e em curso, referente ao programa que consta na informação do site da GOP relativa ao mês de julho do corrente ano. O painel identifica os seguintes aspetos:

- A relação do valor do investimento por empreiteiro e por empresa externa de fiscalização;
- O investimento total por dono de obra;
- Localização das obras;
- Prazos de execução;
- Valor das empreitadas em relação ao investimento total (%).

De acordo com a informação relevante contida no painel, verifica-se que o valor total do investimento é de 6.722.282,80 € e as entidades adjudicatária e a de fiscalização com maior destaque são a Atlântinivel-Engenharia e Construção, Lda e a Mc2e-consultores De Engenharia, Lda, respetivamente.

A Figura 6.92, relativa a obras de ocupação do subsolo, mostra que da totalidade das 781 intervenções realizadas no município do Porto, 334 estão concentradas numa das sete freguesias, justamente na União das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória. Por sua vez, as Águas do Porto, E.M., com 342 obras (43,79 %) foi a entidade envolvida mais ativa.

No que concerne a obras decorrentes da comunicação de avarias, Figura 6.93, a União das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória é também a que regista um maior número de ocorrências, 917 de um total de 2930. A entidade mais solicitada a intervir nestas reparações da via pública é a Águas do Porto, E.M. com 1966 obras (67,1 %), tratando-se assim de uma situação análoga à constatada nas obras de ocupação do subsolo. Acresce referir que o pavimento em betonilha é aquele que regista maior número de intervenções.

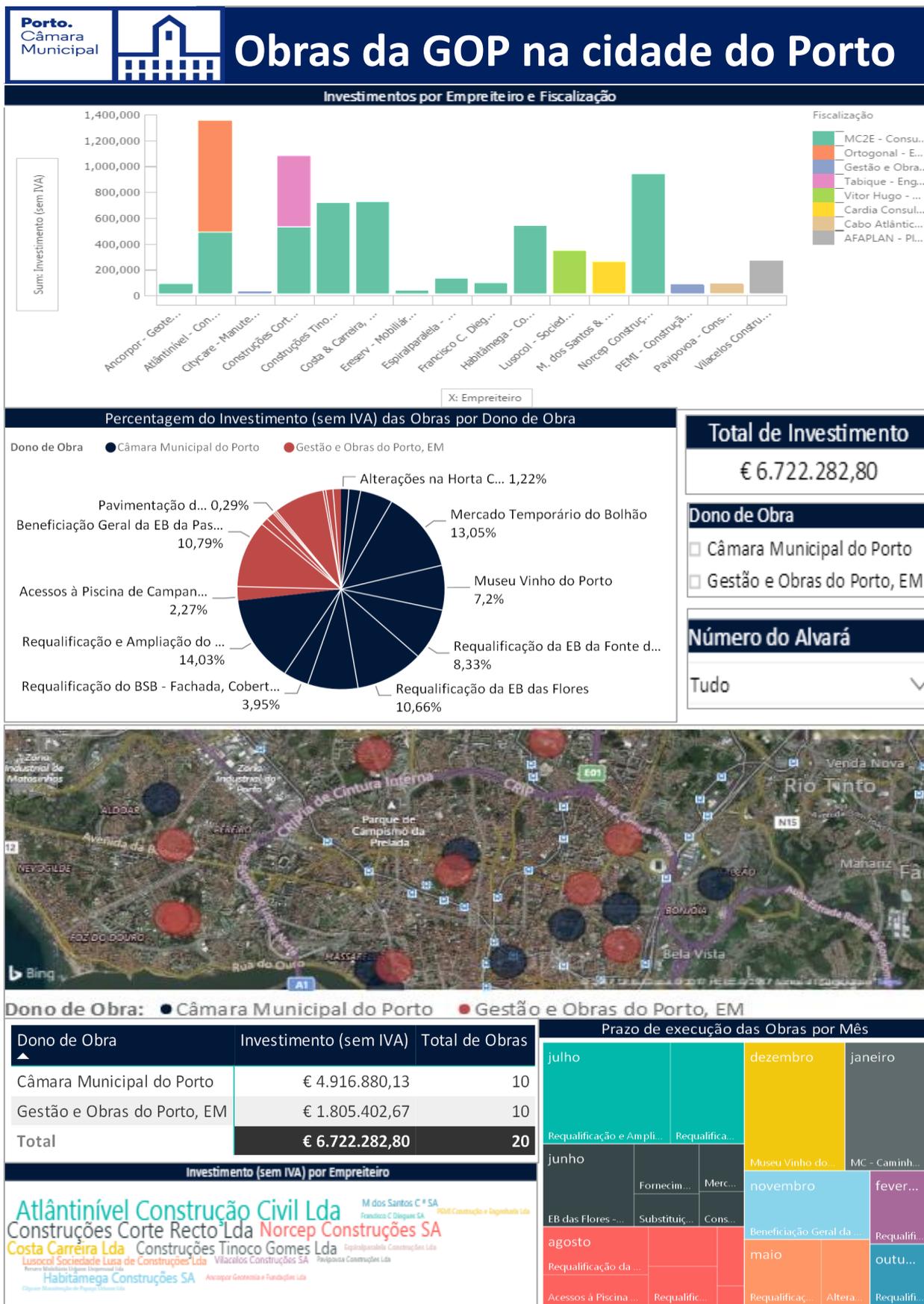
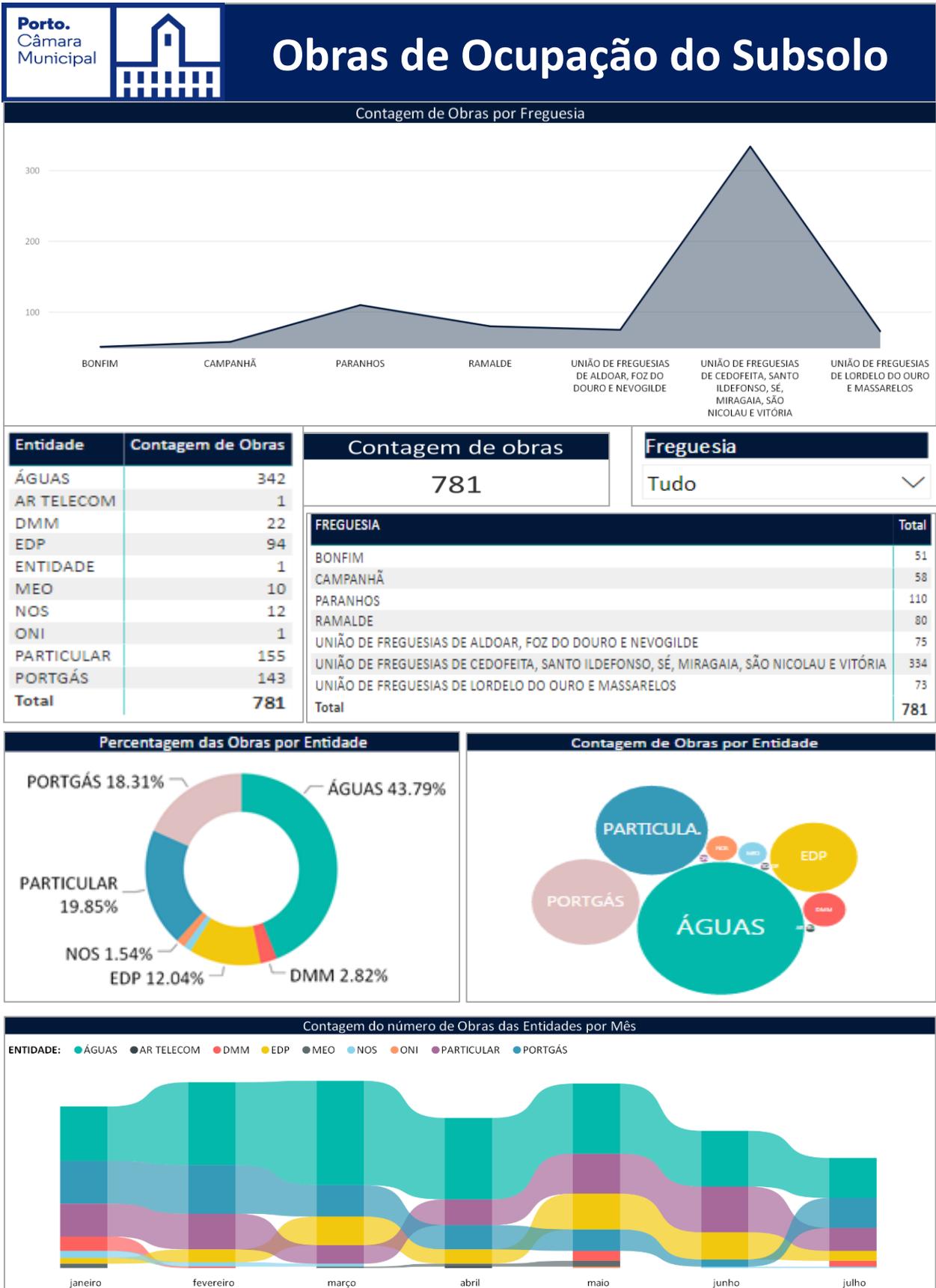
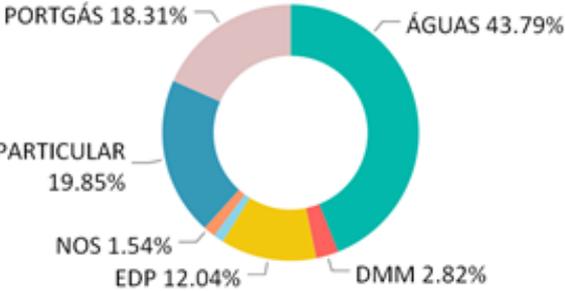


Figura 6.91 – Obras da GOP na cidade do Porto.



Percentagem das Obras por Entidade



Contagem de Obras por Entidade



Contagem do número de Obras das Entidades por Mês

ENTIDADE: ● ÁGUAS ● AR TELECOM ● DMM ● EDP ● MEO ● NOS ● ONI ● PARTICULAR ● PORTGÁS

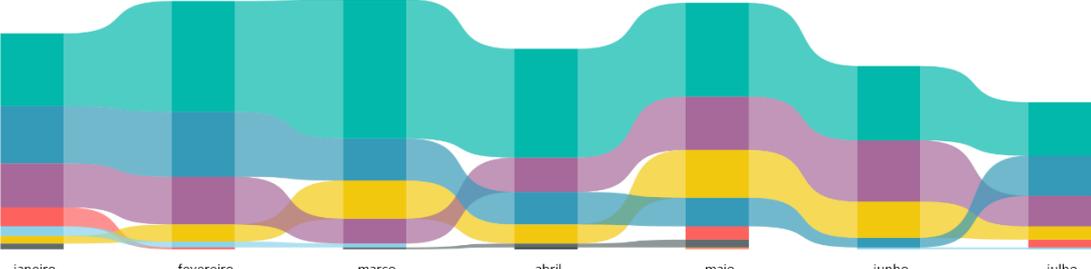


Figura 6.92 – Obras de ocupação do subsolo.

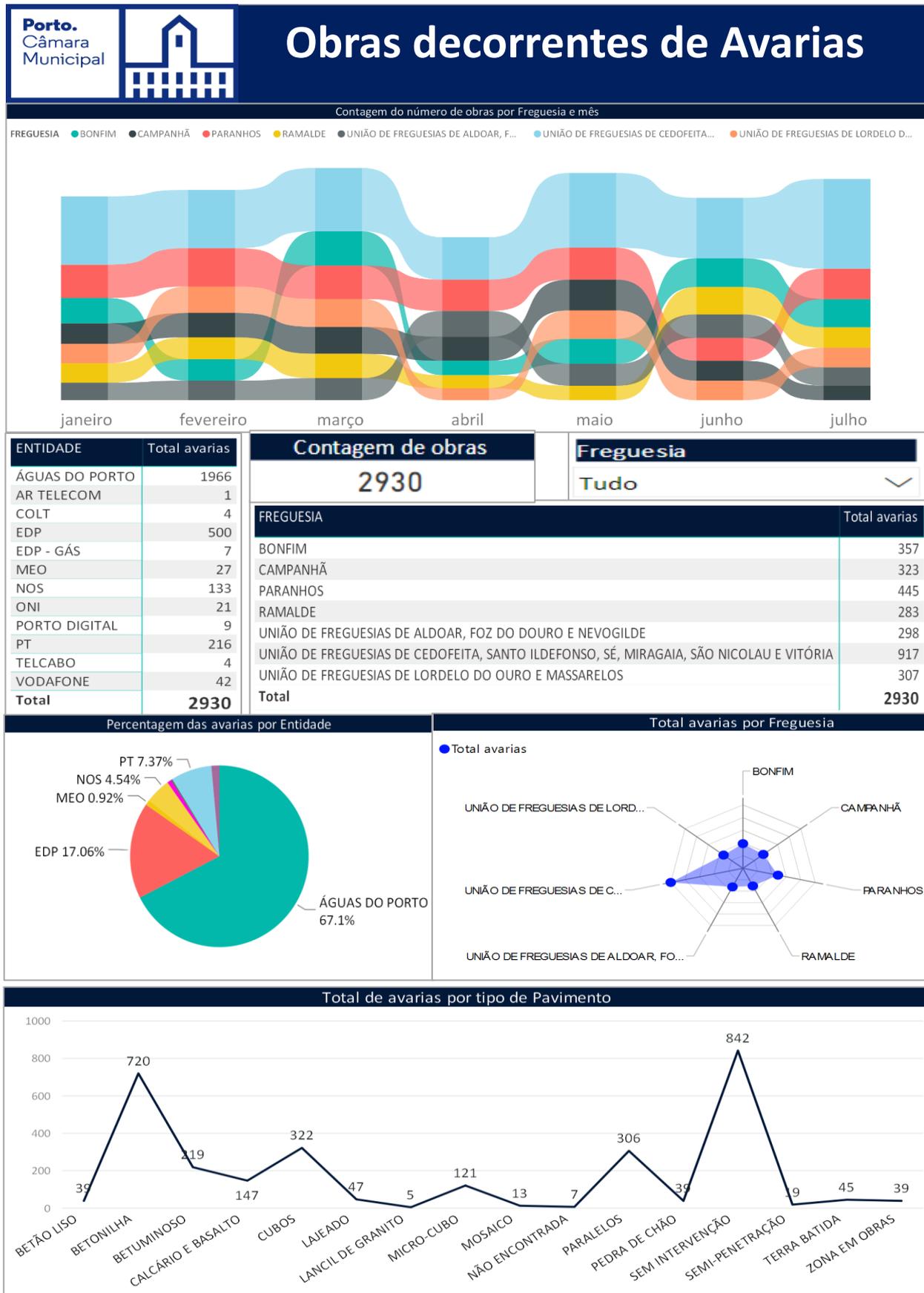


Figura 6.93 – Obras decorrentes de avarias comunicadas.

CAPÍTULO 7

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração do documento representa o corolário da atividade desenvolvida no estágio curricular, realizado em modo contínuo e ao longo de seis meses na Divisão Municipal de Obras, Sinalização e Iluminação Pública (DMOSIP), no qual se descreve sequencialmente o tratamento dos aspetos associados à conceção e execução de obras rodoviárias inseridas em ambiente urbano. Desde já, importa sublinhar que os objetivos preconizados neste estágio foram cumpridos.

Efetivamente, durante aquele período considerável de tempo distribuído entre as instalações do município do Porto e os locais de obra, o contacto direto com os profissionais daquele órgão da estrutura camarária, designadamente com a colaboração da equipa de gestão técnica composta por engenheiros, técnicos superiores e pela equipa de fiscalização, representou uma inestimável oportunidade para o desenvolvimento das capacidades de coordenação e de autonomia. Também a presença em reuniões com outros intervenientes envolvidos, tais como, os projetistas, donos de obra e entidades adjudicatárias, revelou-se uma experiência extremamente profícua.

A vivência prática proporcionada cobre, acima de tudo, a parcela do conhecimento específico do “saber fazer”, necessariamente fundamental para a validação da informação teórica e abre o caminho à perceção das relações laborais, contribuindo ainda para a visão abrangente do mercado de trabalho.

7.1 CONCLUSÕES

As zonas urbanas comportam uma diversidade de infraestruturas viárias postas ao serviço dos cidadãos, estejam elas viradas para o transporte individual e coletivo, circulação pedonal ou simplesmente destinadas a espaços verdes.

No âmbito dos pressupostos contemplados na classificação do ordenamento territorial inscritos no PDM para o município do Porto, a finalidade atribuída a cada arruamento incrementa diferentes soluções construtivas. Enquanto numa rodovia se exige a satisfação de um conjunto critérios funcionais e estruturais, que permitam dar resposta à capacidade de carga transmitida pelos veículos que nela

transitam, as infraestruturas pedonais necessitam de pavimentos orientados para a qualidade funcional, sentido estético e que se enquadrem na arquitetura local.

Com base nesta realidade, os casos de estudo atrás explicitados representam claramente o ponto alto do estágio, concitando a atenção e a revisão de conceitos sobre as unidades curriculares de pavimentos rodoviários, gestão de tráfego, mecânica dos solos aplicada, materiais de construção e de tecnologias das construções.

Apesar do plano de obras contemplar tarefas comuns aos quatro casos de estudo, o exemplo em torno da intervenção na rua do Loureiro torna-se elucidativo para caracterizar o processo executivo, devido à sua dimensão e ao facto do solo pertencente às camadas do pavimento ter sido alvo de ensaios laboratoriais e de campo. Com efeito, a obra começou pela abertura de valas em toda a extensão do arruamento, remoção dos antigos coletores e demolição da galeria primitiva de escoamento de águas pluviais. A etapa seguinte passou pela instalação de novas redes hidráulicas, constituição e compactação de novas camadas do pavimento e terminou com a colocação do lajeado e de cubos de granito reaproveitados, mantendo a imagem urbanística e arquitetónica naquele local histórico da cidade. De registar que os resultados dos ensaios laboratoriais realizados no LMC do ISEP revelaram-se dentro dos limites definidos nas CTG.

Quanto às situações peculiares ocorridas nas outras obras refere-se que na intervenção da rua Santos de Pousada, o processo de instalação de cabos da rede elétrica de alta tensão compreendeu, em particular, avultadas ações de coordenação entre várias entidades presentes na obra e desenvolveu assuntos relativos à engenharia eletrotécnica. Na rua São Roque da Lameira levou-se a cabo uma intervenção de curta duração, que implicou a aplicação de uma mistura betuminosa na camada de desgaste na via de trânsito inserida numa rede viária de eixo urbano complementar ou estruturante local. Por sua vez, o tema central na rua do Morgado de Mateus privilegiou as acessibilidades pedonais enquadradas no DL n.º 163/2006.

Para além destas obras houve ainda a oportunidade de acompanhar intervenções de carácter pontual, como a reparação de avarias no subsolo e a instalação de ramais domiciliários, bem como presenciar obras de grande envergadura com as temáticas gerais do ramo de infraestruturas.

Em relação aos aspetos menos conseguidos constata-se que os ensaios de controlo de compactação realizados no local da obra se limitaram à camada de base, não cobrindo a medição do grau de compactação e dos restantes parâmetros de avaliação das camadas subjacentes. O ensaio de compactação Proctor e o ensaio CBR que lhe está adstrito, por exemplo, não foram concluídos, dado o equipamento do LMC do ISEP ter avariado, quando se encontravam cumpridos dois dos cinco provetes necessários para a elaboração da curva de compactação. Por outro lado, considerando a crescente sensibilização para a conformidade dos produtos, verifica-se que nem todas as empresas disponibilizam

à CMP, logo à partida, a declaração de desempenho sobre as características dos solos e das misturas betuminosas pertencentes às camadas do pavimento, de forma a permitir a devida comparação com as CTG. Por último, na abertura de valas de maior profundidade, nem sempre são usados equipamentos de entivação, situação suscetível de pôr em causa a segurança dos intervenientes.

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O estágio esteve orientado para a componente prática de obras de requalificação em espaços públicos urbanos, não contemplando as etapas sobre o estudo prévio, elaboração dos projetos de execução de vias comunicação e das correspondentes ferramentas informáticas, situação que seria pertinente exercitar a breve trecho.

De interesse, revela-se ainda a necessidade de otimizar o desenvolvimento de estratégias de gestão e controlo de acessibilidades pedonais, efetuando o levantamento por freguesia das travessias existentes que não cumprem os requisitos atualmente previstos nos regulamentos. Através do rebaixamento parcial de passeios e com aplicação de pisos táteis seriam garantidas condições favoráveis e de segurança, designadamente a pessoas com mobilidade reduzida.

Tendo em conta a predominância de intervenções que ocorrem na via pública com os sistemas de drenagem, sugere-se o reforço de estudos sobre o dimensionamento hidráulico das infraestruturas instaladas nos arruamentos que apresentam maior vulnerabilidade.

Por fim, não obstante as práticas construtivas utilizadas, a experiência revela que os pavimentos das redes rodoviárias, sobretudo os inseridos na rede urbana, têm sido uma área em constante crescimento e mutação. Realmente, quer seja devido a desgaste prematuro, constrangimentos ou modernização das infraestruturas no subsolo, problemas com o sistema de drenagem, quer até pelo fim da sua vida útil, a análise da evolução do comportamento estrutural e funcional de um pavimento torna-se um indicador do seu estado de conservação. Avaliar, pesquisar e acompanhar estas evidências são razão mais que suficiente para suscitar o interesse e a formação contínua de todos aqueles que partilham esta área do conhecimento na requalificação de espaços públicos urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASHTO. (1986). Guide for Design of Pavement Structures. American Association of State Highway and Transportation Officials. Washington D.C., United States of America.
- Aviso n.º 14332/2012 de 25 de Outubro do Município do Porto: 1.ª Alteração ao Plano Diretor Municipal do Porto [PDM]. Diário da República: 2.ª série, N.º 207 (2012). Disponível em WWW:<URL:http://www.dre.pt>.
- Branco, F., Pereira, P., & Santos, L. P. (2008). *Pavimentos Rodoviários*. Coimbra: Almedina.
- Câmara Municipal de Lisboa [CML]. (2012). Modelo de Passagem de Peões: Especificações Técnicas de Acessibilidade e Segurança. Lisboa, Portugal.
- Câmara Municipal do Porto [CMP]. (2012a). Carta de Hierarquia da Rede Rodoviária N.º03. Porto. Disponível em WWW:<URL:http://balcaovirtual.cm-porto.pt/PT/cidadaos/guiatematico/PlaneamentoOrdenamento/Documents/PO_Carta%20Hierarquia%20Rodoviaria.pdf>.
- Câmara Municipal do Porto [CMP]. (2012b). Carta de Património N.º02. Porto. Disponível em WWW:<URL:http://balcaovirtual.cm-porto.pt/PT/cidadaos/guiatematico/PlaneamentoOrdenamento/Documents/PO_Carta%20Patrimonio.pdf>.
- Câmara Municipal do Porto [CMP]. (2014). Enquadramento da entidade de estágio [Imagem]. Consult. 16 jul. 2017. Disponível em WWW:<URL:http://www.cm-porto.pt>.
- Câmara Municipal do Porto [CMP]. (2017). Carta de Qualificação do Solo N.º01. Porto. Disponível em WWW:<URL:http://balcaovirtual.cm-porto.pt/PT/cidadaos/guiatematico/PlaneamentoOrdenamento/Plano Diretor Municipal (PDM)/PDM – Em vigor/Documents/Carta de Qualificação do Solo_JUNHO 2017 (1).pdf>.
- Câmara Municipal do Porto. (2013). Condições Técnicas Gerais [CTG]: Controlo de qualidade, Características dos materiais, Métodos construtivos. Porto, Portugal.
- Câmara Municipal do Porto. (2016). Código Regulamentar do Município do Porto [CRMP]: Parte D-Gestão do Espaço Público. Porto, Portugal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Canelas, D. N. G. (2010). *Metodologias no controlo de Compactação em Aterros*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10400.22/7680>.
- CREA-BA. (2009). *Guia Prático para a Construção de Calçadas*, Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Bahia. Bahia, Brasil.
- Decreto-Lei n.º 163/2006 de 8 de Agosto do Ministério do Trabalho e da Solidariedade Social. Diário da República: 1.ª série, N.º 152 (2006). Disponível em WWW:<URL:<http://www.dre.pt>>.
- Domingues, T. S. S. (2016). *Elementos de apoio à unidade curricular de Mecânica dos Solos Aplicada*. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal.
- Energias de Portugal [EDP]. (2017). *Manual de Ligações à rede elétrica de serviço público: Guia técnico e logístico de boas práticas (6ª ed.)*. Lisboa, Portugal.
- Estradas de Portugal [EP]. (2008). *Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários - Volume I* [Imagem]. Consult. 19 jul. 2017. Disponível em WWW:<URL:<http://www.fenix.tecnico.ulisboa.pt>>.
- Fernandes, M. M. (2011). *Mecânica dos solos - Introdução à Engenharia Geotécnica, Volume II* (1st ed.). Porto: FEUP.
- Fernandes, M. M. (2012). *Mecânica dos solos - Conceitos e Princípios Fundamentais, Volume I* (3rd ed.). Porto: FEUP.
- FHWA. (2013). *Recommend guidelines/priorities for Sidewalks and Walkways*, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. United States of America.
- FOCMANRC. (2004). *Sidewalk design, Construction and Maintenance*. Federation of Canadian Municipalities and National Research Council. Canada.
- Google. (2014). *Google Maps* [Imagem]. Disponível em WWW:<URL:<https://www.google.pt/maps>>.
- Google. (2017). *Google Earth* [Imagem]. Disponível em WWW:<URL: <https://www.google.com/earth>>.
- Instituto Nacional para a Reabilitação [INR]. (2006). *Guia de Acessibilidade e Mobilidade para Todos* [Imagem]. Consult. 17 mai. 2017. Disponível em WWW:<URL:<http://www.inr.pt>>.
- Instituto Português da Qualidade [IPQ]. (2002). *Ensaio das propriedades geométricas dos agregados, Parte 3: Determinação da forma das partículas (NP EN 933-3)*.
- Instituto Português da Qualidade [IPQ]. (2002). *Ensaio das propriedades geométricas dos agregados, Parte 4: Determinação da forma das partículas - Índice de forma (NP EN 933-4)*.

- Instituto Português da Qualidade [IPQ]. (2005). Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária (NP EN 13242).
- Instituto Português da Qualidade [IPQ]. (2011). Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados, Parte 2: Métodos para a determinação da resistência à fragmentação (NP EN 1097-2).
- Instituto Português da Qualidade [IPQ]. (2012). Ensaio para determinação das propriedades mecânicas e físicas dos agregados, Parte 1: Determinação da resistência ao desgaste: micro-Deval (NP EN 1097-1).
- Instituto Português da Qualidade [IPQ]. (2014). Ensaio das propriedades geométricas dos agregados, Parte 1: Análise granulométrica - Método de peneiração (NP EN 933-1).
- Jacob, Â. M. G. (2017). Elementos de apoio à unidade curricular de Pavimentos Rodoviários e Aeroportuários. Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal.
- Khan, A. (2016). Pavimento Flexível [Imagem]. Consult. 22 jun. 2017. Disponível em WWW:<URL:https://www.quora.com>.
- Mateus, L. P. A. (2016). *Projecto de Linha Subterrânea de Alta Tensão Subestação Maia - Subestação Gueifães*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10216/85198>.
- Morgado, P. R. S. (2008). *Concepção e Dimensionamento de Pavimentos em Blocos*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal. Disponível em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137888450/Concep%C3%A7%C3%A3o%20e%20Dimensionamento%20de%20Pavimentos%20em%20Blocos.pdf>.
- Pimenta, J. G. (2008). *Pavimento Urbano: Adequação ao Uso*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal. Disponível em https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137861128/Joana%20Pim_%2027-11-08.pdf.
- Ribeiro, S. P. T. (2008). *Terraplenagem. Metodologia e Técnicas de Compactação*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10216/59184>.
- Santos, J. (2008). *Obras Geotécnicas - Compactação, Elementos Teóricos*. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.
- Santucci, L. (2001). Rut Resistant Asphalt Pavements, Technology Transfer Program and Pavement Specialists, Pavement Research Center [Imagem]. Institute of Transportation Studies: University of California. Berkeley, United States of America.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Seco, Á., Macedo, J., & Costa, A. [CCDRN]. (2008). Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária-Volume 8: Peões. Portugal.
- Serôdio, B. F. S. (2009). *Estudo e Avaliação dos Impactes da passagem de linhas aéreas para cabos subterrâneos*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10400.21/405>.
- Silva, A. T. A. F. (2013a). *Controlo da compactação com recurso a gamadensímetro - Caso de estudo: ETAR de Castelo Branco*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10400.22/5591>.
- Silva, F. A. L. (2013b). *Reabilitação de Pavimentos Rodoviários em Ambiente Urbano*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10773/12729>.
- Solidal. (2007). Técnica de Colocação dos Cabos: Localização de Defeitos em Redes Subterrâneas, Acondicionamento de Cabos Eléctricos (cap.4.) In *Guia Técnico* (10^a ed., pp. 159–200). Esposende, Portugal. Disponível em <http://www.solidal.pt/var/imagens/gerais/File/guiatecnico/guiatecnico.pdf>.
- Torrão, H. C. (2015). *Reabilitação de Pavimentos Rodoviários Flexíveis*. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal. Disponível em <http://hdl.handle.net/10198/12724>.

ANEXOS

Anexo I – Organograma funcional da Câmara Municipal do Porto

Anexo II – Características dos Materiais: Condições Técnicas Gerais

Anexo III – Remodelação das Infraestruturas Hidráulicas na Rua do Loureiro e na Rua Chã

Anexo IV – Instalação Subterrânea da Rede de Alta Tensão (LN60 KV) na Rua Cardeal Dom Américo, Rua de Santos Pousada e Rua da Firmeza

Anexo V – Pavimentação da Rua São Roque da Lameira e travessias na Avenida 25 de Abril

Anexo VI – Requalificação Urbana na Rua do Morgado de Mateus e na Rua do Barão de São Cosme

Anexo I

Organograma funcional da Câmara Municipal do Porto

Anexo II

Características dos Materiais: Condições Técnicas Gerais

Tabela II. 1 – Regras gerais de aplicação de solos em função da zona de aterro

Classe	CBR (%)	Tipo de solo	Descrição	Reutilização		
				PIA	CORPO	PSA
S0	< 3	OL	Siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa plasticidade	N	N	N
		OH	Argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; siltes orgânicos	N	P	N
		CH	Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas	N	P	N
		MH	Siltes inorgânicos; areias finas micáceas; siltes micáceos	N	P	N
S1	≥ 3 a < 5	OL	Siltes orgânicos e siltes argilosos orgânicos de baixa plasticidade	N	S	N
		OH	Argilas orgânicas de plasticidade média a elevada; siltes orgânicos	N	S	N
		CH	Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas	N	S	N
		MH	Siltes inorgânicos; areias finas micáceas; siltes micáceos	N	S	N
S2	≥ 5 a < 10	CH	Argilas inorgânicas de plasticidade elevada; argilas gordas	N	S	N
		MH	Siltes inorgânicos; areias finas micáceas; siltes micáceos	N	S	N
		CL	Argilas inorgânicas de plasticidade baixa a média; argilas com seixo, argilas arenosas, argilas siltosas e argilas magras	S	S	P
		ML	Siltes inorgânicos e areias muito finas; areias finas, siltosas ou argilosas; siltes argilosos de baixa plasticidade.	S	S	P
		SC	Areia argilosa; areia argilosa com cascalho	S	S	P
S3	≥ 10 a < 20	SC	Areia argilosa; areia argilosa com cascalho	S	S	S
		SM-d	Areia siltosa	S	S	S
		SM-u	Areia siltosa	P	S	N
		SP	Areias mal graduadas; areias mal graduadas com cascalho	S	S	S
S4	≥ 20 a < 40	SW	Areias bem graduadas; areias bem graduadas com cascalho	S	S	S
		GC	Cascalho argiloso; cascalho argiloso com areia	S	S	S
		GM-u	Cascalho siltoso; cascalho siltoso com areia	P	S	P
		GP	Cascalho mal graduado; cascalho mal graduado com areia	S	S	S
S5	≥ 40	GM-d	Cascalho siltoso; cascalho siltoso com areia	S	S	S
		GP	Cascalho mal graduado; cascalho mal graduado com areia	S	S	S
		GW	Cascalho bem graduado; cascalho bem graduado com areia	S	S	S

Tabela II. 2 – Condições de utilização dos solos na construção de aterros

Materiais de aterro – solos	Valores (unidades)
Material retido no peneiro 19 mm (3/4”) ASTM	30 %
Solos incoerentes	$0,8 W_{opm} \leq W_{nat} \leq 1,2 W_{opm}$
Solos coerentes	$0,7 W_{opn} \leq W_{nat} \leq 1,4 W_{opn}$
W_{opm} - teor em água ótimo referido ao ensaio de Proctor Modificado W_{opn} - teor em água ótimo referido ao ensaio de Proctor Normal	

Tabela II. 3 – Características dos solos para camadas de leito do pavimento

Características do leito do pavimento – solos	Valores (unidades)
Dimensão máxima	75 mm
Percentagem de material que passa no peneiro n° 200 ASTM, máxima	20 %
Limite de liquidez, máximo	25 %
Índice de plasticidade, máximo	6 %
Equivalente de areia, mínimo	30 %
Valor de azul de metileno (material de dimensão inferior a 75 m), máximo	2,0
CBR a 95% de compact. relativa, e teor ótimo em água (Proctor Modificado), mínimo	10 %
Expansibilidade (ensaio CBR), máxima	1,5 %
Percentagem de matéria orgânica	0 %

Tabela II. 4 – Fuso granulométrico para materiais granulares britados

Dimensão dos peneiros de referência	Referência Normativa	Unidades	Fuso granulométrico	
40	EN 13285; NP EN 933-2	mm		100
31,5			D	80-99
22,4				-
16			A	63-77
8			B	43-60
6,3				-
5,6				-
4			C	30-52
2			E	23-40
1			F	14-35
0,5			G	10-30
0,25				-
0,125				-
0,063				2-7

Tabela II. 5 – Características dos materiais granulares britados para camadas de leito do pavimento

Características do leito do pavimento – Materiais granulares britados	Valores (unidades)
Resistência à fragmentação/esmagamento	a) LA ₅₀ em granitos b) LA ₄₀
Resistência ao atrito	M _{DE} 50
Forma das partículas	FI35
Percentagem de partículas esmagadas	C90/3
Teor de finos	f7
Qualidade de finos (se % de material passado no peneiro 0,063mm >3%)	
Equivalente de areia	SE 35*
Nota: *Se SE ≤ 35, o valor de Azul-de-metileno: MB 2,5	

Tabela II. 6 – Requisitos dos solos selecionados para camadas granulares

Requisitos/Propriedade solos	Referência normativa	Unidade	Camada de sub-base	Camada de regularização, enchimento bermas	Camada de desgaste camadas traficadas não revestidas
Generalidades	-	-	Solos de boa qualidade, isentos de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas		
Dimensão máxima	LNEC E 196	mm	75	50 e 2/3 espessura camada	
Percentagem material que passa no peneiro n.º 200 ASTM, máxima	LNEC E 196	%	15	10 a 20	
Limite liquidez, máximo	NP 143	%	25	35	
Limite plasticidade, máximo	NP 143	%	6	6 a 10	
Valor de equivalente de areia, mínimo	LNEC E 199	%	30	NR	
Valor de azul-de-metileno (material dimensão inferior a 75 µm), máximo	AFNOR 18-592		1,5		
CBR 95 % compactação relativa (Proctor Modificado), mínimo	LNEC E198	%	20		
Expansibilidade (ensaio CBR), máxima	NF P94-078	%	1,5	NR	
NR – Não Requerido					

Tabela II. 7 – Designação das misturas betuminosas

Camada	Designação atual
Base	AC 32 base ligante (MB)
	AC 20 Base base ligante (MB)
	AC 20 base ligante (MBAM)
Ligação	AC 20 bin ligante (MB)
	AC 20 bin ligante (MBD)
	AC 16 bin ligante (MBAM)
	AC 14 bin ligante (BB)
	AC 4 bin ligante (AB)
Regularização	AC20 reg ligante (MB)
	AC 20 reg ligante (MBD)
	AC 14 reg ligante (BB)
	AC 4 reg ligante (AB)
Desgaste	AC 14 surf ligante (BB)
	AC 14 Desgaste surf ligante (BBr)
	AC 10 surf ligante (mBBr)
AC – designação do produto, cujo termo em inglês é “Asphalt Concrete”; ligante – classe a definir; base – referente à camada de base, cujo termo em inglês é similar “base course”; bin – referente à camada de ligação, cujo termo em inglês é “binder course”, de espessura constante; reg – referente à camada de regularização, cujo termo em inglês é “regulating course”, de espessura variável; surf – referente à camada de desgaste, cujo termo em inglês é “surface course”	

Tabela II. 8 – Requisitos dos agregados para camadas granulares

Requisitos/ Propriedades	Referência normativa	Unidade	Camada de sub-base	Camada de base	Camada de regularização		Camada de regularização, enchimento bermas	Camada de desgaste, camadas traficadas não revestidas
			ABGE	ABGE	Agregado fino para assentamento calçada	ABGE	Material drenante, agregado britado	ABGE
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento	NP EN 933-3	%	FI35	30 (a)	NA	30 (a)	FI35	30 (a)
Percentagem de partículas esmagadas ou partidas e de partículas totalmente roladas nos agregados grossos	NP EN 933-5	%	C90/3		NA	C90/3		C90/3
Qualidade dos finos - Valor de equivalente de areia, mínimo e Valor do ensaio de azul-de-metileno, máximo	NP EN 933-8, NP EN 933-9	% g/kg	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então SE ≥ 40. Caso SE < 40, então MB ≤ 2,5	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então SE ≥ 50. Caso SE < 50, então MB ≤ 2,0	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 %, os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então SE ≥ 40. Caso SE < 40, então MB ≤ 2,5	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então SE ≥ 40. Caso SE < 40, então MB ≤ 2,5	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então SE ≥ 60. Caso SE < 60, então MB ≤ 2,0	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então SE ≥ 50. Caso SE < 50, então MB ≤ 2,0
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2	%	45 (a)	LA40	NA	LA40	45 (a)	LA40
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro- Deval	NP EN 1097-1	%	MDE35	MDE25	NA	MDE25	MDE35	MDE25
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar					
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	A declarar					
"Sonnenbrand" do basalto	NP EN 1367-3 e NP EN 1097-2	%	Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand", perda de massa após a ebulição ≤ 1 e SBLA ≤ 8		NA	Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand", perda de massa após a ebulição ≤ 1 e SBLA ≤ 8		
Resistência ao gelo e ao degelo, valor de absorção de água como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio	NP EN 1097-6 e NP EN 1367-2	%	Se a absorção de água for superior a WA242, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS35 (b)		Se abs. de água for superior a WA240,5, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS35 (b)	Se a absorção de água for superior a WA242, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS35 (b)		

NA - Não Aplicável

– Como a Norma NP EN 13242 não possui as categorias FI30 e LA45 são indicados os valores requeridos.

- Para agregados suscetíveis de degradação pela ação do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem. Se a absorção de água não for superior ao valor especificado na categoria WA242 ou Wcm0,5, o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo- degelo.

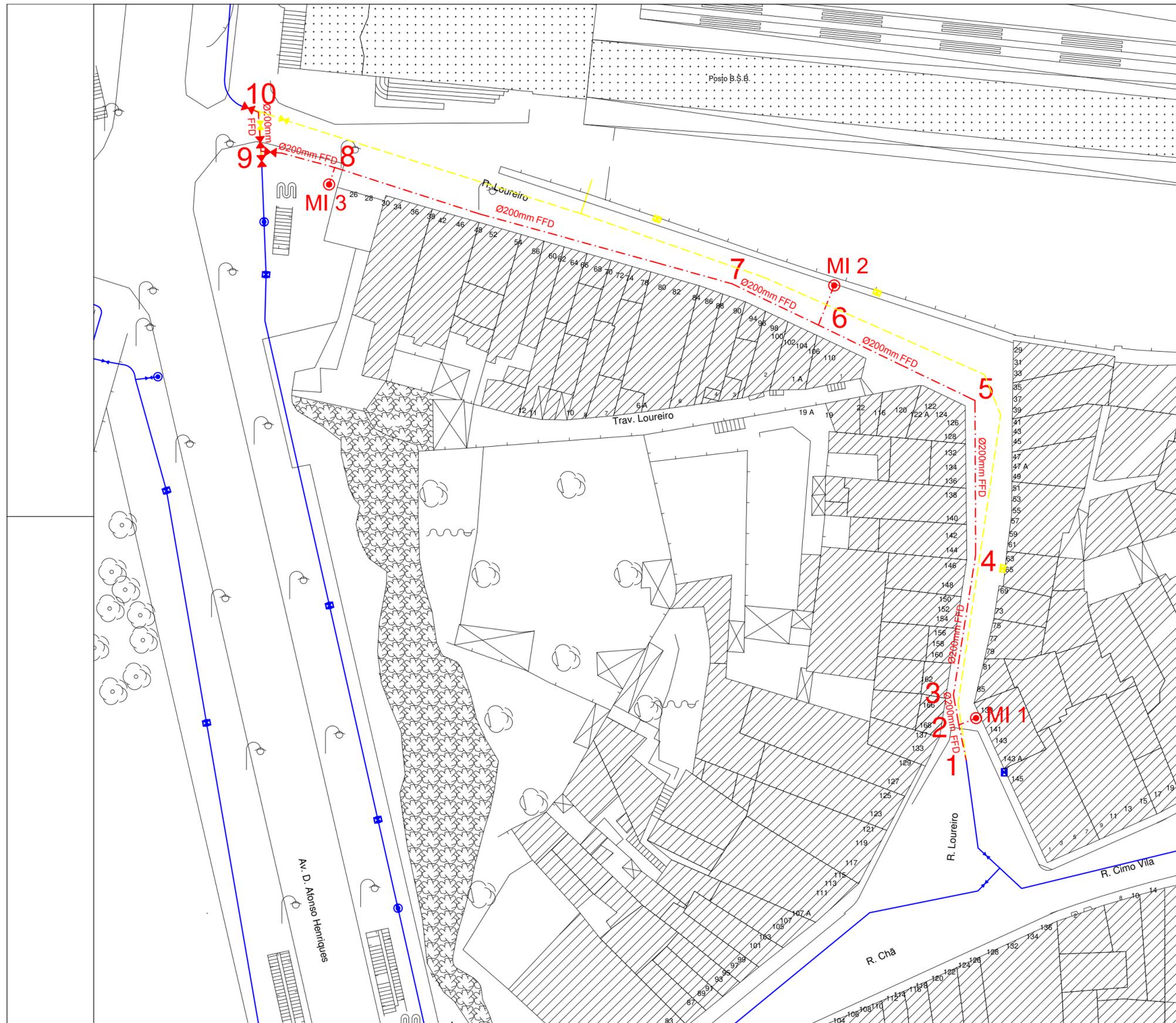
Tabela II. 9 – Requisitos granulométricos dos agregados e misturas não ligadas

Requisitos / Propriedades	Referência normativa	Unidade	Camada de sub-base	Camada de base	Camada de regularização				Camada de regularização, enchimento bermas	Camada de desgaste, camadas traficadas não revestidas		
			ABGE	ABGE	Agregado fino para assentamento calçada	ABGE	Material drenante, agregado britado	ABGE				
Designação do agregado/mistura	NP EN 13242 e EN 13285		Mistura 0/31,5		Agregado fino 0/4	Mistura 0/31,5		Agregado granulometria extensa, 0/22,4	Mistura 0/31,5			
Teor de finos	NP EN 13242, NP EN 933-1		NA	f10	NA	f3		NA				
Conteúdo de finos, máximo	NP EN 13285, NP EN 933-1		UF7	NA	UF7		NA	UF7				
Conteúdo de finos, mínimo			LF2	NA	LF2		NA	LF2				
Sobretamanhos		%	OC80	NA	OC80		NA	OC80				
Curva granulométrica	NP EN 13242 (GF) EN 13285 (GB)		GB	GF85	GB		GF80	GB				
Dimensão dos peneiros de referência		-	Fuso granulométrico - Percentagem acumulada de material passado									
40	NP EN 13242 EN 13285			100				100	2D	100		100
31.5			D	80-99			D	80-99	1.4D	98-100	D	80-99
22.4									D	80-99		
16			A	63-77			A	63-77	Ra	42-89	A	63-77
8			B	43-60	2D	100	B	43-60	Ra	11-47	B	43-60
6.3												
5.6					4D	98-100						
4			C	30-52		85-99	C	30-52	Ra	0-20	C	30-52
2			E	23-40	Ra	70-98	E	23-40	Ra	0-5	E	23-40
1			F	14-35	Ra	46-75	F	14-35			F	14-35
0.5			G	10-30	Ra	20-50	G	10-30			G	10-30
0.25					Ra	9-27						
0.125					Ra	4-13						
0.063					2-7	1-10			2-7		0-3	

D - Abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros
A, B, C, E, F G - Peneiros para a granulometria, de acordo com EN 13285, secção 4.4.1
Ra - Requisito adicional
Nota: Os valores apresentados para os agregados reciclados podem ser obtidos com a adição de agregados naturais, tendo em vista a sua correção granulométrica.

Anexo III

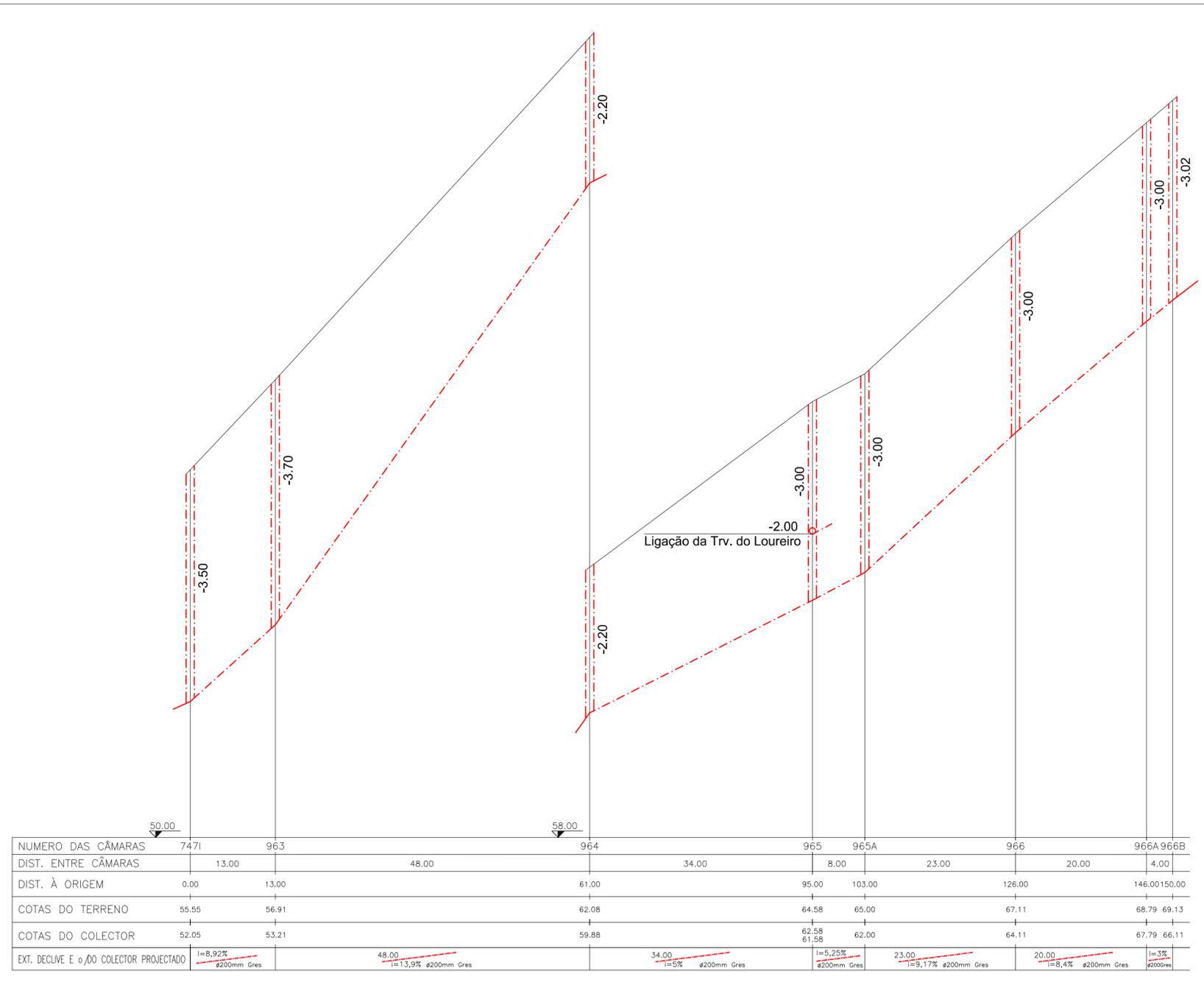
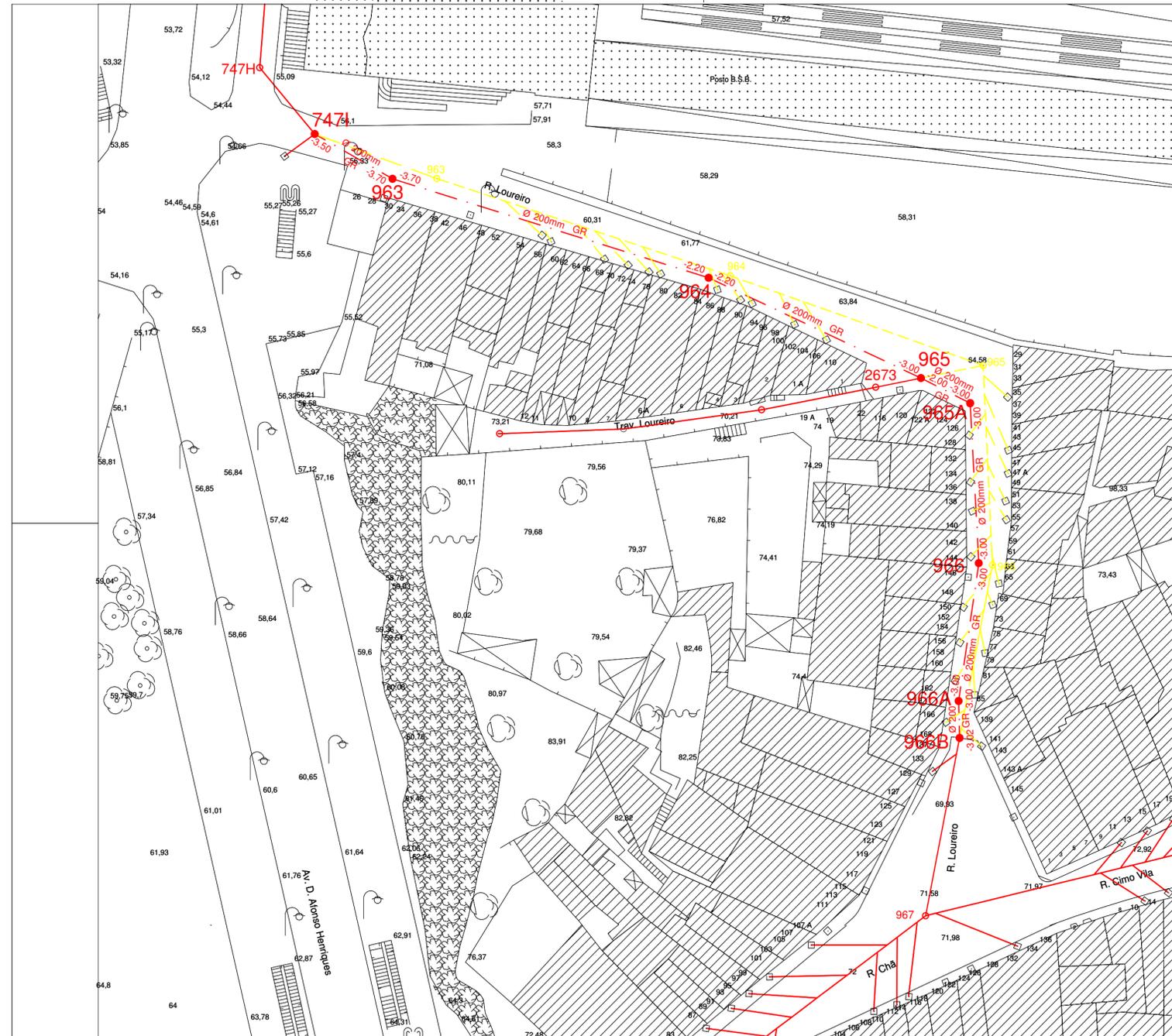
Remodelação das Infraestruturas Hidráulicas na Rua do Loureiro e na Rua Chã



LEGENDA:

- - CONDUTAS DE ÁGUA EXISTENTES
- - - - CONDUTAS DE ÁGUA PROJECTADAS
- - - - CONDUTAS DE ÁGUA A COLOCAR FORA DE SERVIÇO
- ✂ - VÁLVULAS SECCIONAMENTO PROJECTADAS
- MI ● - MARCOS DE INCÊNDIO PROJECTADOS
- BI ■ - BOCAS DE INCÊNDIO PROJECTADAS

											
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Revisão</th> <th>Alterou</th> <th>Descrição</th> <th>Confirmou</th> <th>Data</th> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	Revisão	Alterou	Descrição	Confirmou	Data					
Revisão	Alterou	Descrição	Confirmou	Data							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25px;">0</td> <td style="width: 25px;">0</td> <td style="width: 25px;">0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> </table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<p>Local:</p> <h3 style="margin: 0;">REMODELAÇÃO DA REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA RUA DO LOUREIRO</h3>	<p>Designação:</p> <h3 style="margin: 0;">PLANTA</h3>
0	0	0									
0	0	0									
0	0	0									
<p>Data: 22. DEZEMBRO. 2014</p> <p>Proj. nº: 0476 - 2014 . AA . DS . JA - V1</p> <p>Proj. nº: Ano: Esp: Téc: Des: Var:</p> <p>Substitui Projecto nº: </p> <p>O Desenhador: José António</p>	<p>Projector: Engº Domingos Sousa</p> <p>O Coordenador Técnico: Engª Ana Paula Fontoura</p> <p>O Director de Departamento Técnico: Engª Fernanda Lacerda</p>	<p>Projecto nº: 476/14</p> <p>Escala: 1/500</p> <p>Folha: 1/1</p>									
<h2 style="margin: 0;">PROJECTO DE EXECUÇÃO</h2>											



NUMERO DAS CÂMARAS	7471	963	964	965	965A	966	966A	966B
DIST. ENTRE CÂMARAS		13.00	48.00	34.00	8.00	23.00	20.00	4.00
DIST. À ORIGEM	0.00	13.00	61.00	95.00	103.00	126.00	146.00	150.00
COTAS DO TERRENO	55.55	56.91	62.08	64.58	65.00	67.11	68.79	69.13
COTAS DO COLECTOR	52.05	53.21	59.88	62.58	62.00	64.11	67.79	66.11
EXT. DECLIVE E Ø DO COLECTOR PROJECTADO		i=8,92% Ø200mm Gres	48,00 i=13,9% Ø200mm Gres	34,00 i=5% Ø200mm Gres	i=5,25% Ø200mm Gres	23,00 i=9,17% Ø200mm Gres	20,00 i=8,4% Ø200mm Gres	i=3% Ø200mm Gres

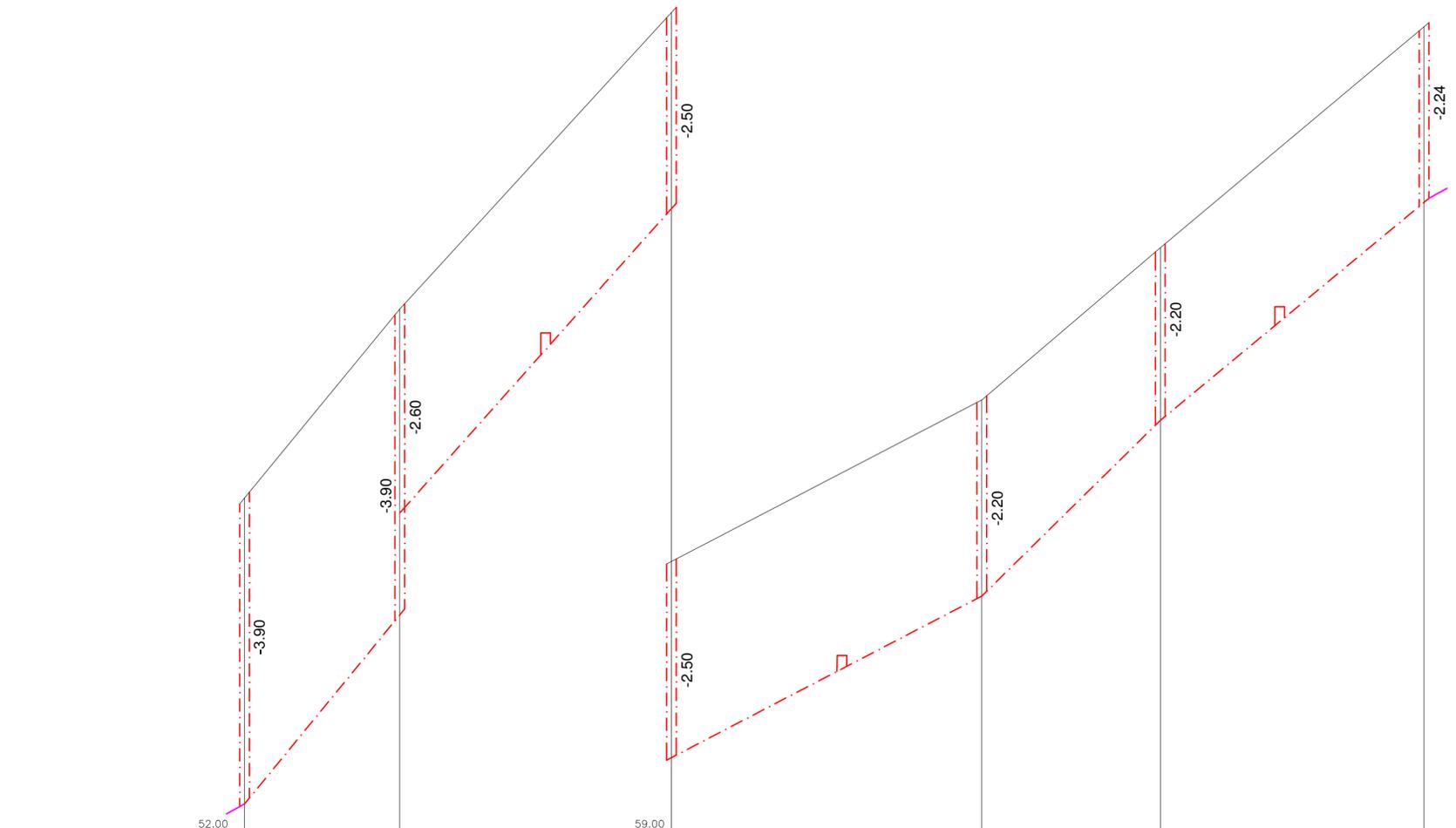
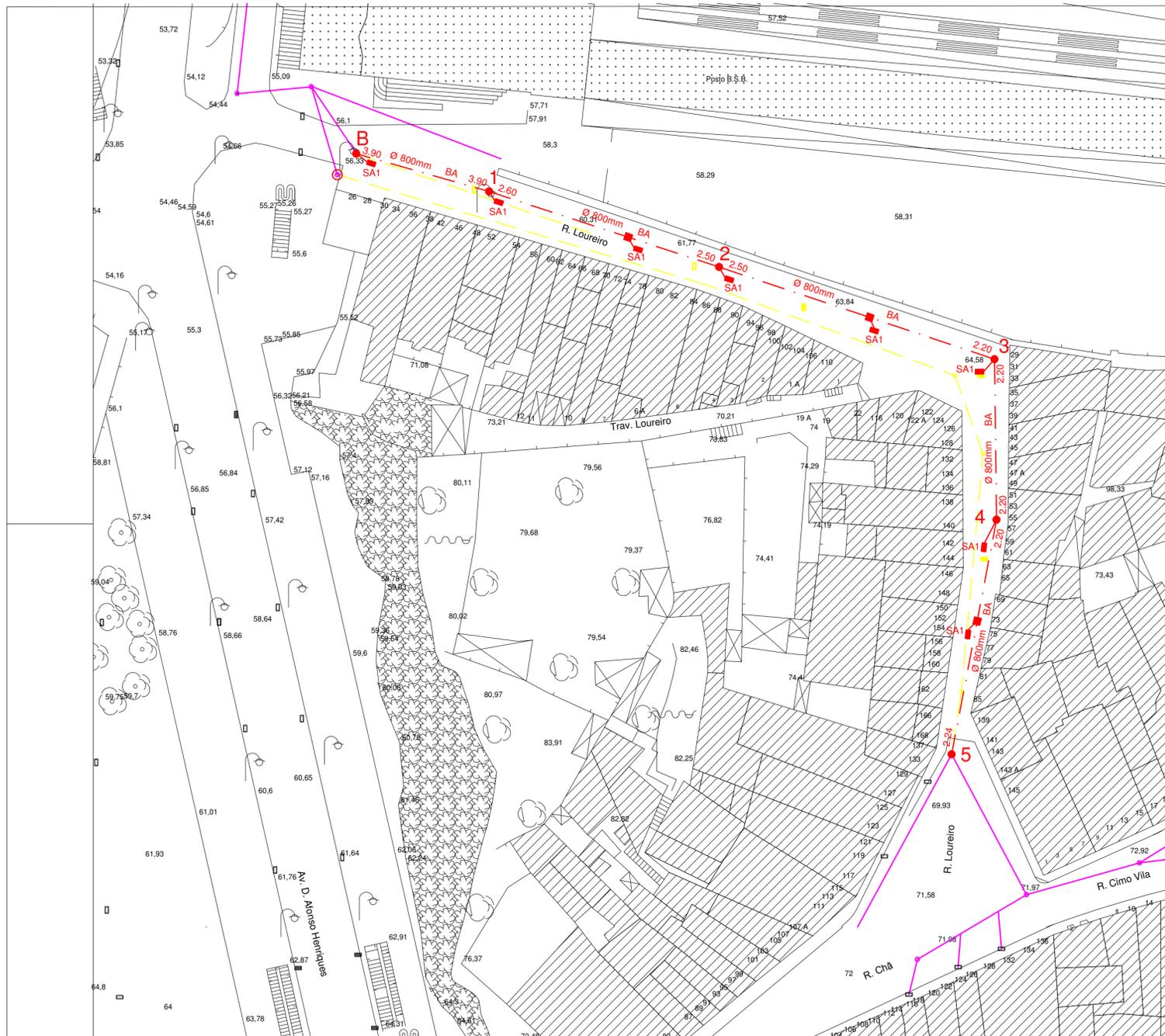
-  COLECTOR DE SANEAMENTO EXISTENTE
-  COLECTOR DE SANEAMENTO A DESATIVAR
-  COLECTOR DE SANEAMENTO A INSTALAR
-  RAMAL DE SANEAMENTO A INSTALAR
-  RAMAL DE SANEAMENTO A DESATIVAR



ÁGUAS RESIDUAIS

REMODELAÇÃO DA REDE DE ÁGUAS RESIDUAIS NA RUA DO LOUREIRO

Data: 22. DEZEMBRO. 2014		Projector: Engº Domingos Sousa		Designação: *	
0477 - 2014 . AR . DS . JA - VI		O Coordenador Técnico: Engª Ana Paula Fontoura		PLANTA E PERFIL	
Proj. nº		O Director de Departamento Técnico: Engª Fernanda Lacerda		Projecto nº: 477/14	
Substitui Projecto nº:		O Desenhador: José António		Escala: 1/500 e 1/50	
				Folha: 1/1	



NUMERO DAS CÂMARAS	B	1	2	3	4	5
DIST. ENTRE CÂMARAS		20.00	35.00	40.00	23.00	34.00
DIST. À ORIGEM	0.00	20.00	55.00	95.00	118.00	152.00
COTAS DO TERRENO	56.33	58.74	62.52	64.58	66.52	69.34
COTAS DO COLECTOR	52.43	54.84	60.02	62.38	64.32	67.10
EXT. DECLIVE E β DO COLECTOR PROJECTADO		20.00 $i=12,05\%$ #800betão	35.00 $i=11,09\%$ #800betão	40.00 $i=5,90\%$ #800betão	23.00 $i=8,43\%$ #800betão	34.00 $i=8,18\%$ #800betão

- - - ● - Rede de Águas Pluviais Projectada
- - - ○ - Rede de Águas Pluviais Existente
- - - ○ - Rede de Águas Pluviais a Retirar ou Colocar Fora de Serviço
- - Câmara de Visita
- - Caixa de Ligação
- SA1 - Sumidouro em Alameda 1
- - Substituição de Tampa

AGUAS PLUVIAIS

Revisão	Alterou	Descrição	Confirmou	Data

0	0	0
0	0	0
0	0	0

Local: **REMODELAÇÃO DA REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS NA RUA DO LOUREIRO**

PLANTA E PERFIL

Data: 22. DEZEMBRO. 2014

Proj. nº | Ano | Esp. | Tít. | Des. | Vw

Substitui Projecto nº

O Desenhado: José António

Projector: Eng.º Domingos Sousa

Coordenador Técnico: Eng.º Ana Paula Fontoura

O Director do Departamento Técnico: Eng.º Fernanda Lacerda

Designação: -

Projecto nº: 478/14

Escala: 1/500 e 1/50

Folha: 1/1

PROJECTO DE EXECUÇÃO

Tabela III. 1 – Controlo de compactação: dia 13/04/2017

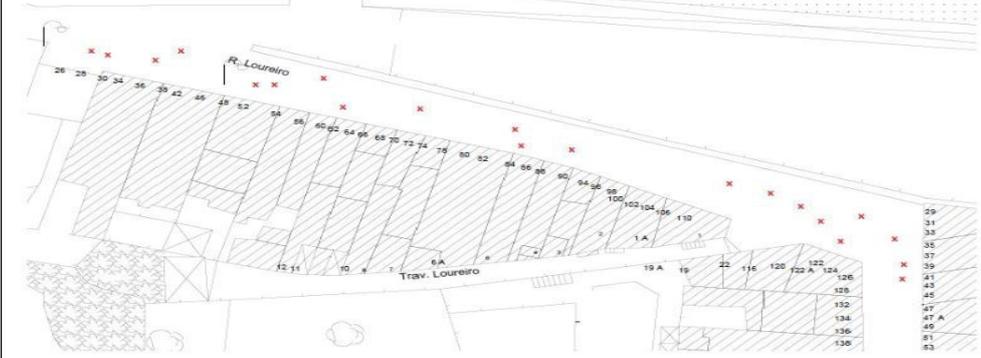
		Controlo de Compactação "in situ" - Método Gamadensímetro ("troxler")				AASHTO T - 238 -86	
OBRA		PC-248: NUD 318071/16/CMP		NÚMERO DE SÉRIE		1ª	
DONO DE OBRA		Águas do Porto, E.M.		BOLETIM N.º		1	
				DATA:		13/04/2017	
1. Valores de referência do Ensaio de Compactação							
Amostra Refª.		Baridade seca máxima:	2220	(Kg /m ³)	APARELHO:	TROXLER 3440	
		Teor óptimo em água:	5.1	(%)			
2 Localização do Ensaio							
Local de Aplicação:		Rua do Loureiro - Porto					
Material Aplicado:		ABGE					
3 Resultados							
Ensaio nº-	PK	Prof. do Teste (mm)	Densidade Húmida (Kg/m ³)	Densidade Seca (Kg/m ³)	Teor em Água W (%)	Grau de Compac. (%)	
1	90	0	2286	2179	4.9	98.2	
2	84	0	2136	2045	4.4	92.1	
3	84	200	2236	2167	3.2	97.6	
4	72	0	2195	2125	3.3	95.7	
5	62	0	2117	2022	4.7	91.1	
6	58	0	2229	2126	4.8	95.8	
7	58	200	2310	2225	3.9	100.2	
8	52	0	2300	2195	4.8	98.9	
9	52	200	2241	2149	4.3	96.8	
10	38	0	2127	2052	3.7	92.4	
11	38	200	2226	2151	3.5	96.9	
12	28	0	2133	2047	4.2	92.2	
13	28	150	2248	2168	3.7	97.7	
14	39	0	2274	2121	7.2	96.8	
15	39	250	2099	1987	5.6	90.7	
16	35	0	2157	2058	4.8	93.9	
17	35	250	1953	1853	5.4	84.6	
18	124	0	2175	2058	5.6	93.9	
19	124	250	2086	1924	6.2	89.6	
20	124	0	2274	2142	6.1	97.8	
21	124	250	2140	2022	5.8	92.3	
4 Esquema do Ensaio:							
							

Tabela III. 2 – Controlo de compactação: dia 20/04/2017

Porto. Câmara Municipal		Controlo de Compactação "in situ" - Método Gamadensímetro ("troxler")			AASHTO T - 238 -86	
OBRA	PC-248: NUD 318071/16/CMP	NÚMERO DE SÉRIE			2ª	
		BOLETIM N.º			2	
DONO DE OBRA	Águas do Porto, E.M.	DATA:			20/04/2017	
1. Valores de referência do Ensaio de Compactação				APARELHO:	TROXLER 3440	
Amostra Refª.	Baridade seca máxima:	2220	(Kg/m ³)			
	Teor óptimo em água:	5.1	(%)			
2 Localização do Ensaio						
Local de Aplicação:		Rua do Loureiro - Porto				
Material Aplicado:		ABGE				
3 Resultados						
Ensaio nº-	PK	Prof. do Teste (mm)	Densidade Húmida (Kg/m ³)	Densidade Seca (Kg/m ³)	Teor em Água W (%)	Grau de Compac. (%)
22	28	0	2294	2187	4.9	98.5
23	34	0	2296	2192	4.8	98.7
24	38	0	2297	2206	4.1	99.4
25	50	0	2288	2193	4.4	98.8
26	60	0	2339	2207	6.0	99.4
27	74	0	2272	2189	3.8	98.6
28	84	0	2282	2188	4.3	98.6
29	96	0	2308	2205	4.7	99.3
30	110	0	2250	2194	2.6	98.8
31	122	0	2282	2196	3.9	98.9
32	124	0	2212	2098	5.4	94.5
33	124	0	2289	2212	3.5	99.6
34	134	0	2293	2207	3.9	99.4
35	134	0	2319	2216	4.7	99.8
36	138	0	2341	2221	5.4	100
37	138	0	2339	2235	4.7	100.7
38	134	200	2012	1912	5.2	86.1
39	138	0	1961	1876	4.5	97.2
40	146	0	2249	2140	5.1	96.4
41	146	200	2082	1976	5.4	89
42	156	0	2305	2209	4.2	99.5
43	156	200	2304	2207	4.4	99.4
44	122	200	2284	2200	3.4	99.5
45	100	200	2307	2204	4.7	99.3
46	84	200	2192	2113	3.7	95.2
47	58	0	2261	2114	7.0	95.2
48	58	200	2318	2181	6.3	98.3
49	34	200	2095	2003	4.6	90.2
50	28	200	2333	2118	5.4	95.4
4 Esquema do Ensaio:						

Tabela III. 3 – Ensaio de compactação Proctor

EN 13286-2 - Ensaio de compactação Proctor para misturas não ligadas

Código: 2504
Data: 05-04-2017

Método de preparação	Mistura com 75% a 100% de partículas passadas no peneiro 31,5mm
Energia de compactação	Compactação pesada
Molde utilizado	B

Compactação						Granulometria		
Molde + Solo Húmido	8571,3	8782,9	8994,5	8984,0	8859,2	Rac63 - % Ret. Acum. #63mm		0
Massa do Molde	4156	4156	4156	4156	4156	Rac31,5 - % Ret. Acum. #31,5mm		4
Massa do Solo Húmido	4416	4627	4839	4828	4703	Rac16 - % Ret. Acum. #16mm		21
Baridade Húmida	2,134	2,236	2,339	2,334	2,273			
Referencia do Recipiente	1	2	3	4	5	Material rejeitado		
Solo Húmido + Recipiente	797,2	814,5	826,3	1150,3	964,3			
Solo Seco + Recipiente	783,7	789,4	795,5	1088,5	916,6	W ₀ (%)	Teor em água do material rejeitado	0,2
Peso da água	13,5	25,1	30,8	61,8	47,7	ρ _{ssd} (Mg/m ³)	Massa volumica das partículas saturadas com superfície seca	2,65
Tara do Recipiente	139,2	181,7	263,8	270,0	354,8			
Peso do Solo	644,5	607,7	531,7	818,5	561,8	m - (%)	Porcentagem de material rejeitado	4
Teor de Humidade	2,1	4,1	5,8	7,6	8,5			
Baridade Seca	2,090	2,148	2,210	2,170	2,095			
Número de Pancadas	56	56	56	56	56			

Volume do Molde = 2069

$\gamma_{dm} = 2,213$
 $W\% = 5,3$

Baridade seca máxima corrigida

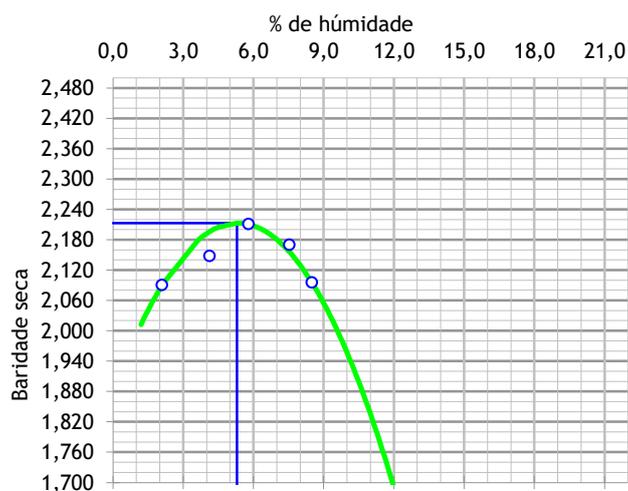
(Mg/m³)

2,22

Teor em água corrigido

(%)

5,1



Observações:

Ensaiou: ABR

Validou:

MFF

Data de execução: 17-02-2017

Data de validação:

17-02-2017



Declaração de Desempenho n.º AG 018

1. Identificação do Produto

Código Identificação: Tout-Venant 0/32

Centro de Produção: Pedreira do Facho - Marecos

Morada: Lugar do Facho - Marecos, 4560.221 Marecos - PNF



2. Número do Tipo Tout-Venant 0/32_AG 018

3. Utilizações Previstas

NP EN 12620 Agregados para Betão

NP EN 13242 Agregados p/ materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária

4. Identificação do Fabricante

Designação Comercial: Restradas - Revitalização de Estradas do Norte, Lda

Morada: Zona Industrial n.º 1 - Lotes 34/35 4560-164 Guilhufe - Penafiel

5. Sistema de Avaliação

Sistema 2+

A eIC - Empresa Internacional de Certificação, organismo notificado n.º 1515 realizou a auditoria ao Sistema de Controlo da Produção em Fábrica no âmbito do Sistema 2+ e emitiu o certificado de conformidade do controlo de produção em fábrica n.º 1515-CPD - 0301.

6. Desempenho do Produto

DESCRIPÇÃO PETROGRÁFICA

Granito de granulação média com fenocristais de feldspato, constituído por quartzo, feldspato e duas micas. Mostra-se compacto e rugoso.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO PRODUTO

Norma	NP EN 12620	NP EN 13242
Certificado	1515-CPD-0301	
Tolerâncias	GT _A 10	
Dimensão Nominal (d/D)	0/32	
Granulometria	G _A 90	G _A 85
Teor de Finos	f ₁₁	f ₇
Equivalente de Areia	SE ≥ 45 %	
Azul de Metileno (fracção 0/2 mm)	1,5 g/Kg	
Índice de Achatamento	FI ₁₅	FI ₂₀
Índice de Forma	SI ₁₅	SI ₂₀
Massa Volúmica:	(fracção 0/4 mm)	(fracção 4/31,5 mm)
Massa Volúmica (Material Impermeável)	2,66 Mg/m ³ ≤ ρ _s ≤ 2,67 Mg/m ³	2,66 Mg/m ³ ≤ ρ _s ≤ 2,67 Mg/m ³
Massa Volúmica (das partículas secas)	2,64 Mg/m ³ ≤ ρ _{sd} ≤ 2,65 Mg/m ³	2,63 Mg/m ³ ≤ ρ _{sd} ≤ 2,64 Mg/m ³
Massa Volúmica (das partículas saturadas)	2,64 Mg/m ³ ≤ ρ _{ssd} ≤ 2,66 Mg/m ³	2,64 Mg/m ³ ≤ ρ _{ssd} ≤ 2,65 Mg/m ³
Absorção de Água	0,30% < WA ₂₄ < 0,35%	0,45% ≤ WA ₂₄ ≤ 0,50%
Teor de Cloretos ³⁾	< 0,01%	NA
Retração por Secagem ¹⁾	0,045%	NA
Teor de Carbonato de Cálcio: ³⁾	Na ₂ O	0,013%
	K ₂ O	0,017%
Contaminantes Orgânicos Leves (Método Argamassa) ³⁾	S = 101%	
Enxofre Total ¹⁾	≤ 1 %	S ₁
Resistência à Fragmentação (Los Angeles)	LA ₄₀	
Resistência ao Desgaste (Micro Deval)	M _{DE} 15	
Teor de Húmus	Mais Claro	Mais Claro

DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA

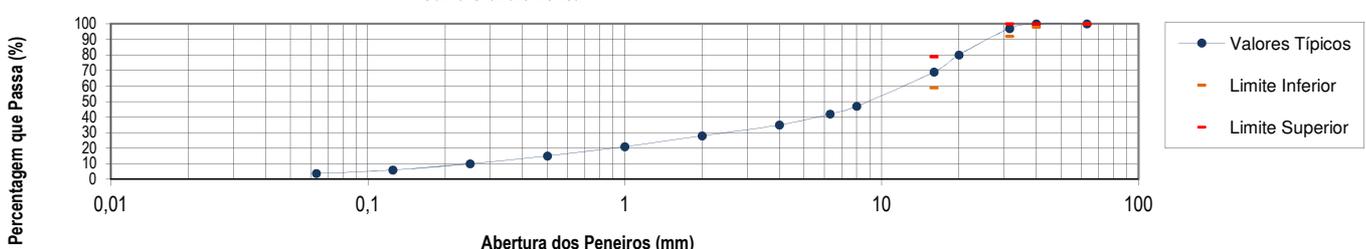
Série base + série 2	Valores Típicos	Limites	
		Mínimos	Máximos
Peneiros (mm)	%	%	%
63	100	100	100
40	100	98	100
31,5	97	92	100
20	80		
16	69	59	79
8	47		
6,3	42		
4	35	20	60
2	28		
1	21		
0,500	15		
0,250	10		
0,125	6		
0,063	3,8	0,8	6,8

NA - Não aplicável

¹⁾ - Valor determinado sobre outro produto com a mesma origem (Pó Mineral 0/4)

³⁾ - Valor determinado sobre outro produto com a mesma origem (Areia Média 0/4)

Curva Granulométrica



O desempenho do produto identificado no ponto 1 é conforme com o desempenho declarado no ponto 6

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade da Restradas - Revitalização de Estradas do Norte, Lda.

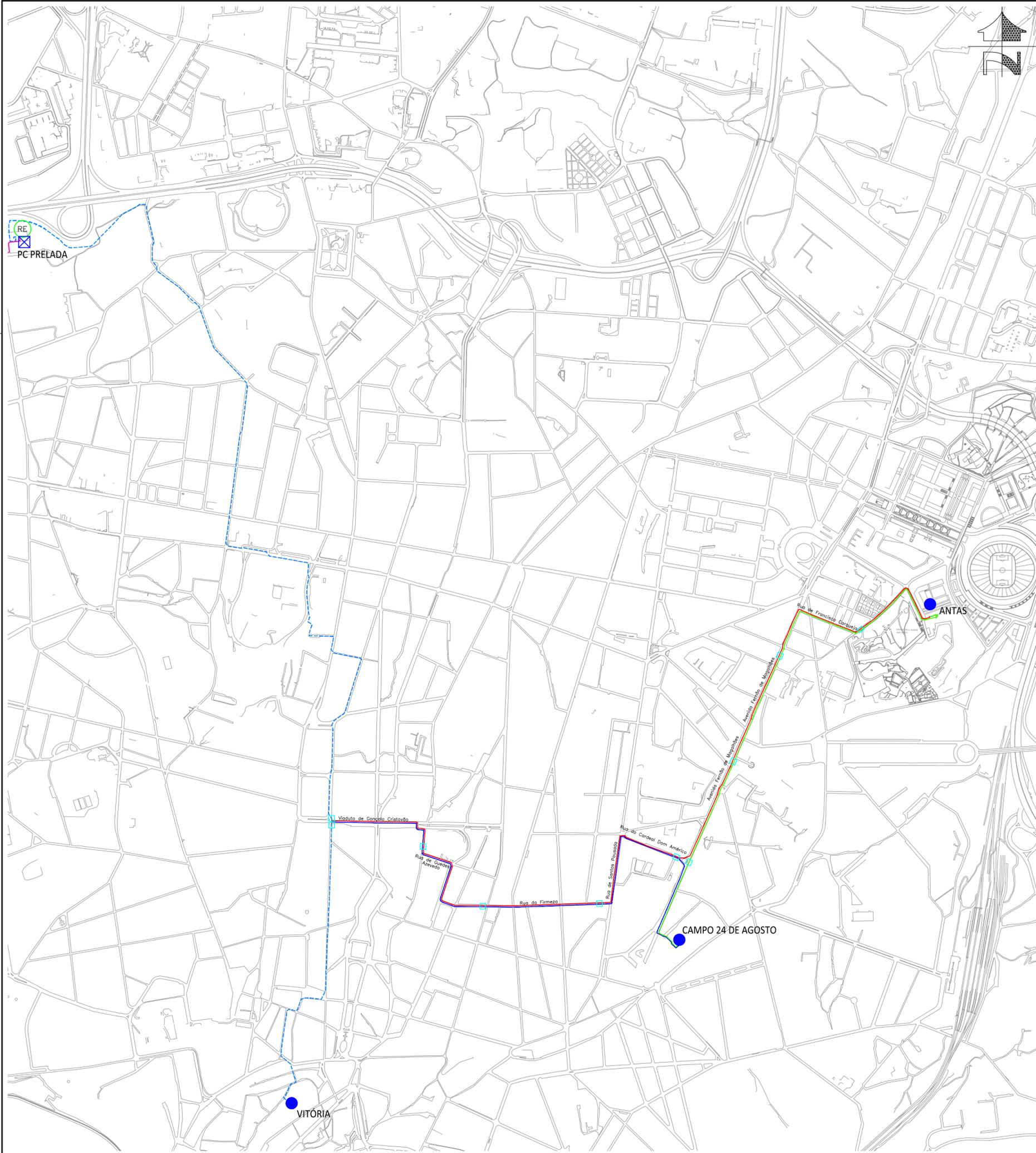
RESTRADAS - Revitalização de Estradas do Norte, Lda.
Z. Ind. N.º1, Lotes 34/35 - 4560-164 Guilhufe - PENAFIEL
Contribuinte N.º 503 451 641

Penafiel, 14 de fevereiro de 2017

Maria de Fátima Vieira André
(Responsável pelo Sistema de Marcação CE)

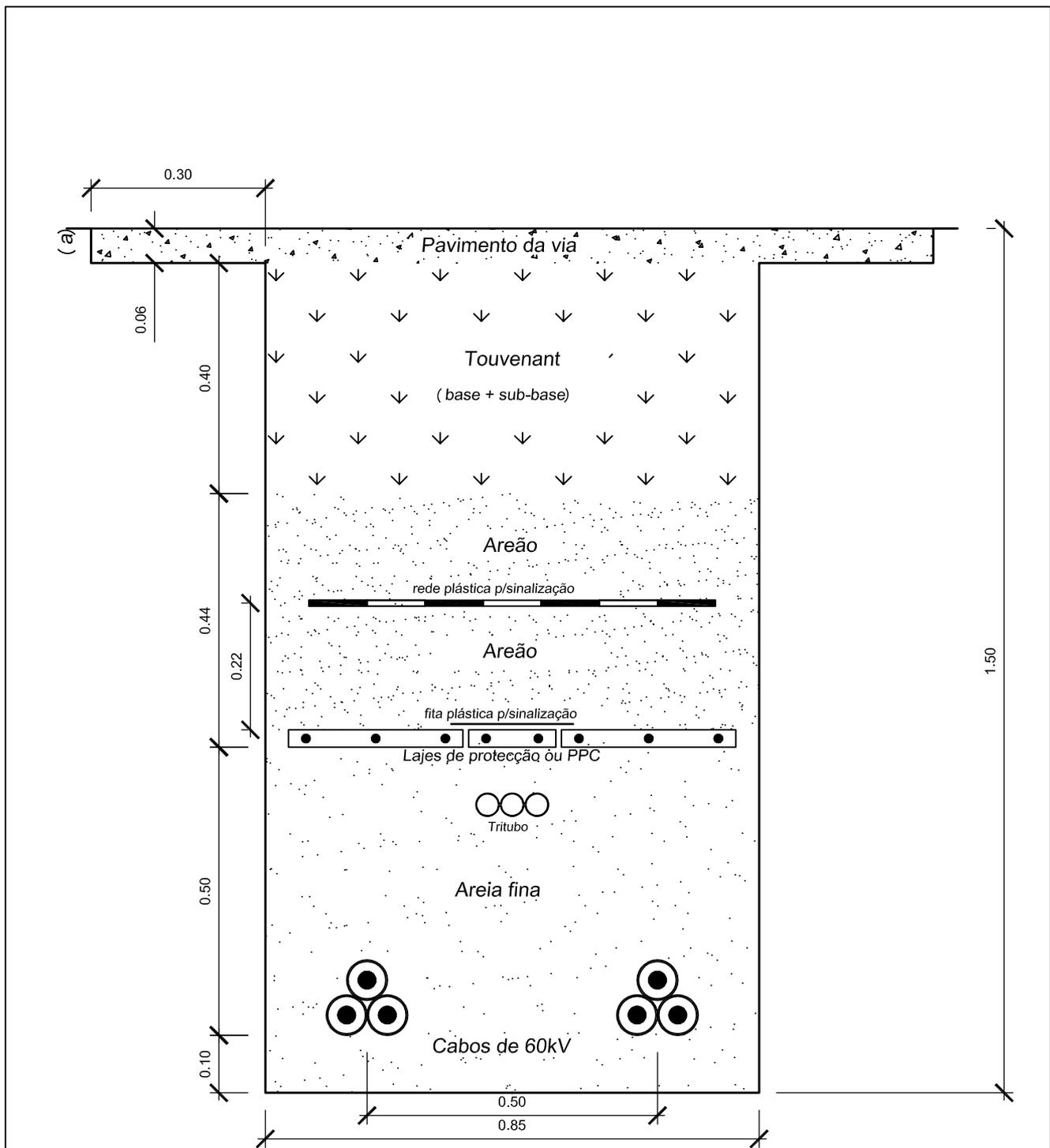
Anexo IV

Instalação Subterrânea da Rede de Alta Tensão (LN60 KV) nas Ruas Cardeal Dom Américo, de Santos Pousada e da Firmeza



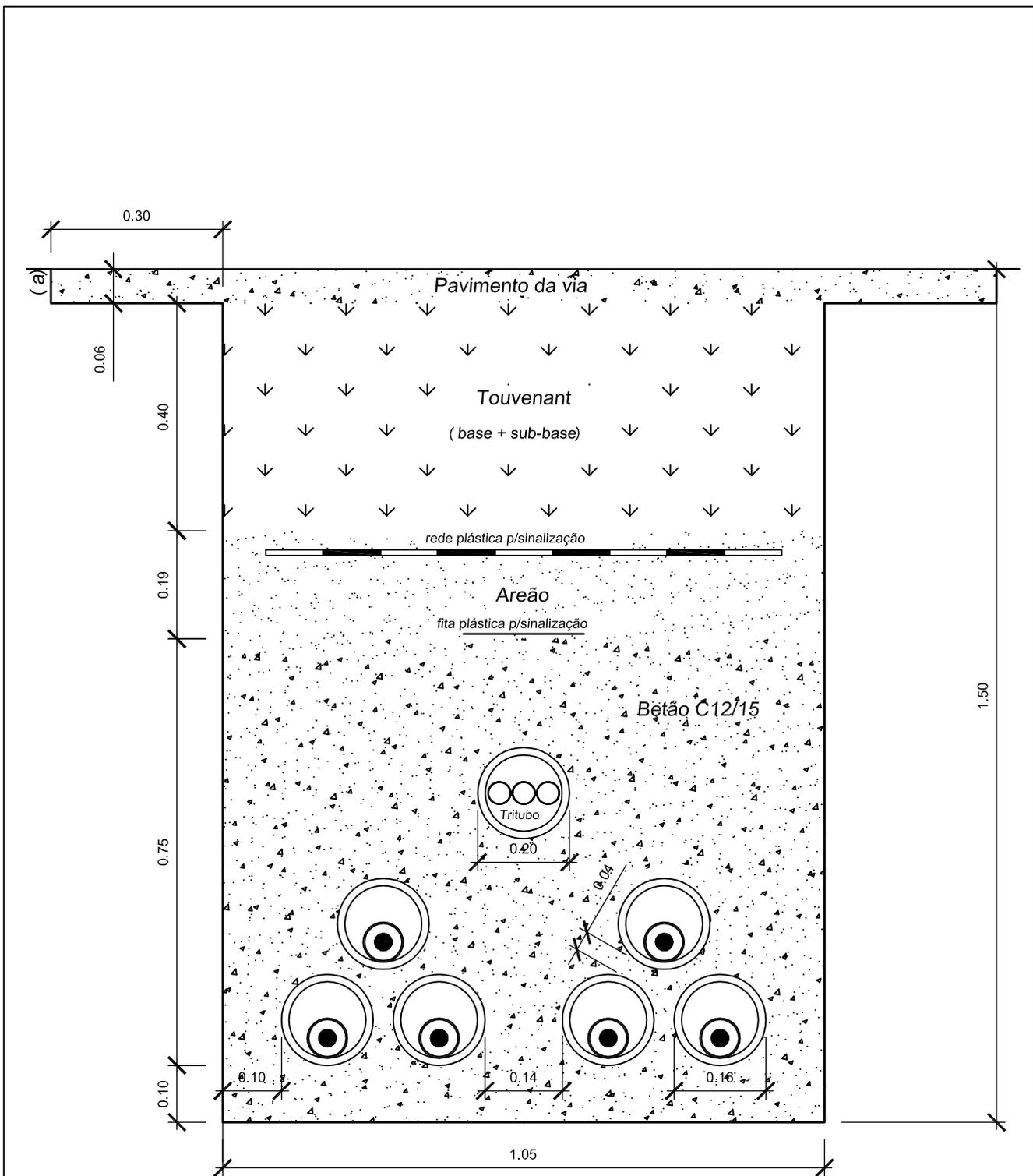
- LN 60kV ANTAS-CAMPO 24 DE AGOSTO
- LN 60kV ANTAS-VITÓRIA
- LN 60kV PC PRELADA-CAMPO 24 DE AGOSTO
- - - REDE 60kV EXISTENTE
- CAIXA DE UNIÃO DE CABO

				PROJ.	16.07.19	F. Duarte	
				LEV. TOP.			
				DES.	16.07.19	P. Silva	
				VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO	DATA	RUBRICA	
DPC	FORMATO 580x420	LINHA A 60KV					
	OUTPUT 1x1	LN 60 ANTAS-CAMPO 24 DE AGOSTO LN 60kV PC PRELADA-CAMPO 24 DE AGOSTO LN 60 ANTAS-VITÓRIA PLANTA GERAL					
	ESCALA 1:10000	SUBSTITUI		CÓDIGOS DE OBRA	Nº DESENHO	ÍNDICE	
				16-3337	1312L5147600-403 001		



(a) - Iguais às do pavimento existente

					PROJ.			
					CÓP/ALT			
					DES.	20-05-2014	José Barral	
					VERIF.			
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA	
	FORMATO A 4	LINHA SUBTERRÂNEA A 60 KV VALA TIPO 3 2 TERNOS DE CABOS SECÇÃO DE 630 mm²						
	ESCALA							
		SUBSTITUI			CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO	DESENHO Nº	ÍNDICE	
						C68-024A-2014		



(a) - Iguais às do pavimento existente

					PROJ.		
					CÓPI/ALT		
					DES.	23-12-2006	José Barral
	Logotipo		20-05-2014		VERIF.		
ÍNDICE	DESCRIÇÃO	DATA	ALTERADO	APROVADO		DATA	RUBRICA
	FORMATO A 4						
	ESCALA	TRAVESSIA TIPO 2 DOIS TERNOS DE CABOS					
		SUBSTITUI	CÓDIGO DO CAMPO DE APLICAÇÃO		DESENHO Nº	ÍNDICE	
					C68-022-2006		



Anexo V

Pavimentação da Rua São Roque da Lameira e travessias na
Avenida 25 de Abril



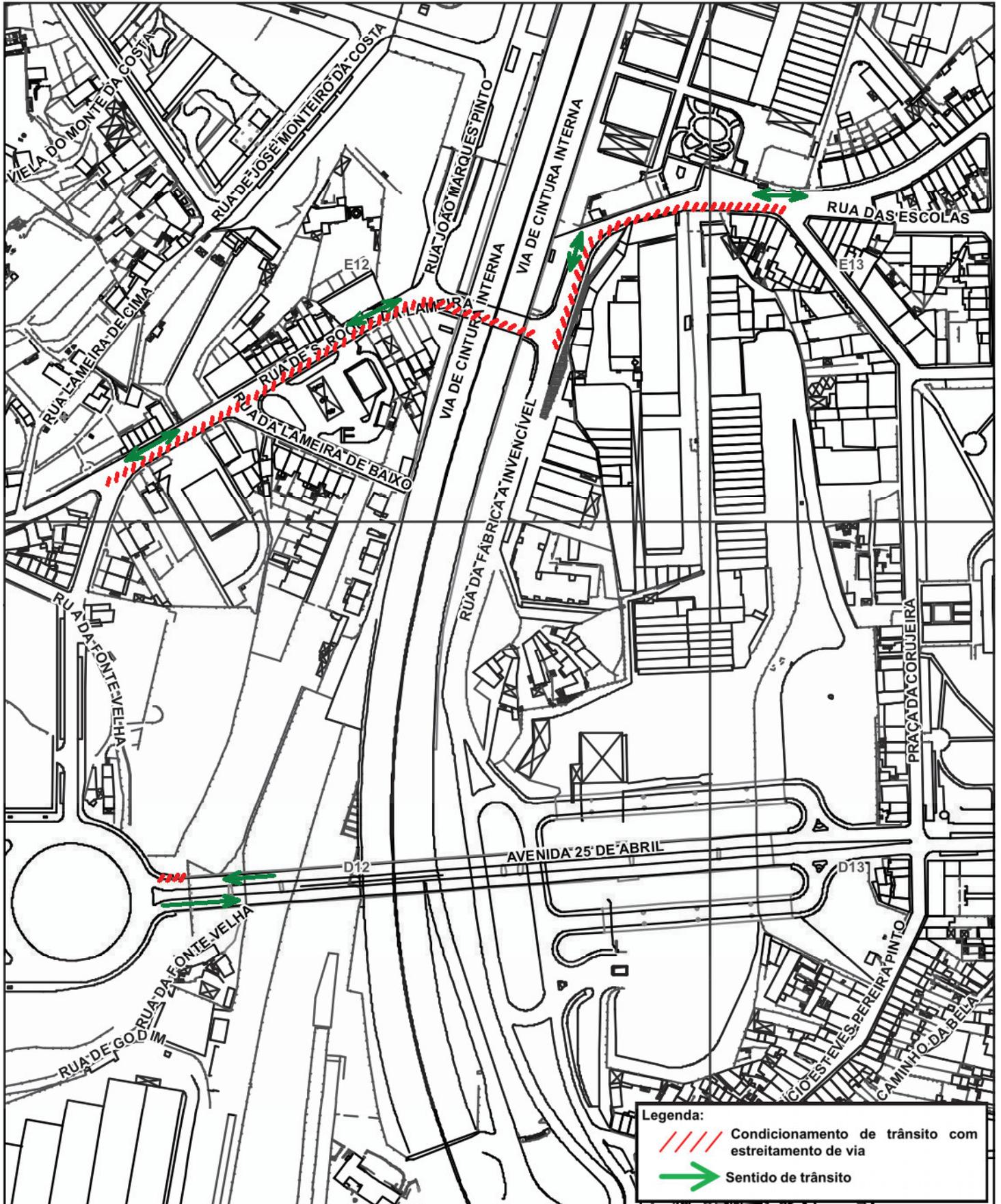
Câmara Municipal do Porto

Planta de Trabalho

12-06-2017

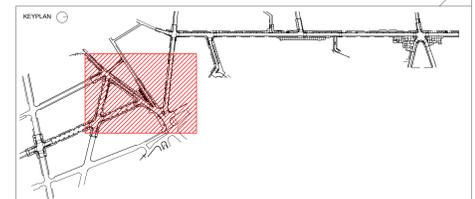
Folha (1K) :

ESC 1:2800



Anexo VI

Requalificação Urbana na Rua do Morgado de Mateus e na Rua do Barão de São Cosme



	PAVIMENTAÇÕES	
	REGUIFICAÇÃO DA RUA DE SANTOS POSSADA - TROÇO RUA DO MOREIRA - RUA DUQUE DA TERCEIRA LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO - Folha 2	
0 0 0 0 0 0 0 0 0	Data: Dezembro 2014 Escala: 1:500 Autores: Luis Filipe	Nome: Eng.º Sara Silva Eng.º Marco Mendes Projeto de Concurso
175A/2012 PAV.SEL.F. v.0		PLANTA 175A/12 05

AUT. 01/2014 (4474000)



Pavimento 2	Pavimento 3	Pavimento 4	Pavimento 5	Pavimento 6	Pavimento 19	Pavimento 20	Pavimento 21	Pavimento 29	Pavimento 30	Pavimento 7	Pavimento 8	Pavimento 9	Pavimento 14
grelha em bloco de betão	pavimento em bloco de betão com ranhuras	pavimento em bloco de betão com ranhuras e ranhuras de drenagem	pavimento em bloco de betão com ranhuras e ranhuras de drenagem	bloco de betão em grelha	grelha de drenagem								

PLANTA

20 DE DEZEMBRO DE 2015

ARQUITECTURA

PROJETO DE CONCURSO

1200

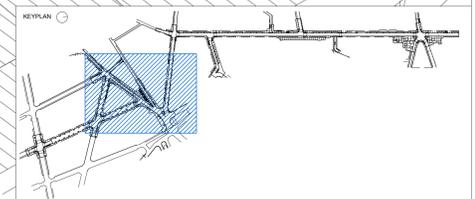
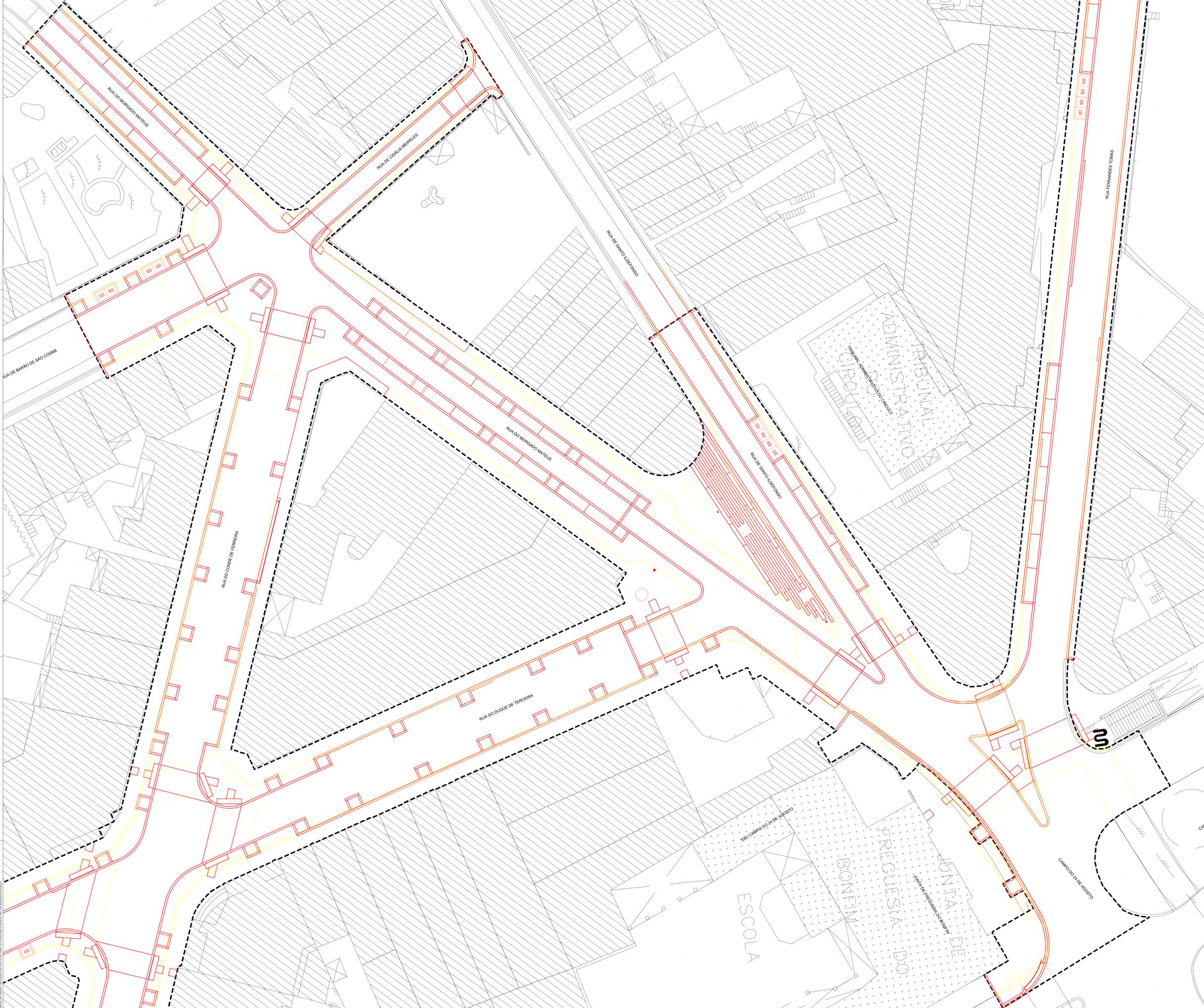
4

REQUALIFICAÇÃO DA RUA DE SANTOS POLOSADA - TRONCO RUA DO MORGADO MATEUS - RUA DE CIDADÃES HERBELES

RUA DO COMÉRCIO FERREIRA RUA DO MORGADO MATEUS RUA DE CIDADÃES HERBELES

TIPO DE PAVIMENTOS E FORTIFICAÇÕES EM CIMENTAÇÃO DE CONCRETO

Arq. Carlos Magalhães



— DEMOLIÇÕES
— CONSTRUÇÕES

		PAVIMENTAÇÕES	
REGUIFICAÇÃO DA RUA DE SANTOS POUSADA - TRONÇO RUA DO MOREIRA - RUA DUQUE DA TERCEIRA DEMOLIÇÕES E CONSTRUÇÕES - Mapa 2			
Data: Dezembro 2014 Escala: 1:500 Autores: Eng.º Sora Silva Eng.º Marco Mendes	Nome: Eng.º Sora Silva Eng.º Marco Mendes	PLANTA Folha: 178A/12 Data: 15/09/14	
PROJECTO DE CONCURSO		178A/12 05	

AUT: 2184 - 847490
 Este documento é propriedade da GEPAR - Engenharia e Projectos, Lda. É proibida a sua utilização sem a autorização expressa da GEPAR.