

ACOMPANHAMENTO DE OBRA NO INTERIOR DE UM COMPLEXO INDUSTRIAL

LUÍS CARLOS SERRA COSTA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França

Coorientador: Engenheiro André Gomes Quintela

JUNHO DE 2017

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2016/2017

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446



miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440



feup@fe.up.pt



<http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2016/2017 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2017.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais e irmão

“Eu sei que o meu trabalho é uma gota no oceano, mas sem ele o oceano seria menor”

Madre Teresa de Calcutá

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e ao meu irmão que sempre me apoiaram durante estes longos anos para a realização e conclusão do Mestrado em Engenharia Civil, em especial à minha mãe que sempre me apoiou mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao Engº André Quintela que me acompanhou durante todo o estágio, disponibilizando sempre para ajuda na realização da dissertação, bem como na informação necessária para a realização desta, e na minha evolução enquanto estudante e futuro engenheiro de uma empresa, bem como a sua parte humana que é de realçar.

Não menos importante quero realçar também a ajuda do Engº Bruno Brito, e João Fonseca também da empresa DACOP, que me ajudaram sempre que necessário e contribuíram para a minha evolução profissional.

Em relação da parte da FEUP, é de referir o professor Doutor Adalberto Quelhas da Silva França, que sempre disponibilizou para o que fosse necessário, tendo uma importância significativa para o resto da minha vida profissional.

Por fim ao Dr. Paulo Areal, que me ajudou na correção da dissertação, o que permitiu para uma evolução na minha forma de expressar.

RESUMO

As vias de comunicação são um meio importante para o desenvolvimento humano, melhorando as suas condições de vida e as comunicações entre diversos países, sendo portanto necessário compreender os métodos construtivos básicos da construção de um arruamento.

No entanto, além da elaboração de projetos é necessário conhecer vários métodos construtivos, dependendo das condições encontradas na prática. Neste trabalho pretende-se dar a conhecer a construção de um loteamento industrial privado, que inclui várias vertentes da engenharia civil, sendo neste caso detalhado mais concretamente as infraestruturas viárias.

Primeiro pretende-se dar a conhecer o local das instalações da empresa construtora, o local da realização da obra e os trabalhos de planeamento e gestão efetuados normalmente antes da execução dos trabalhos.

Seguidamente são apresentados os processos construtivos desde das movimentações de terras a efetuar para o aterro, as redes de saneamento, águas pluviais e abastecimento de água, e principalmente para as infraestruturas viárias relativamente às estruturas do pavimento e as misturas betuminosas utilizadas em obra.

Por fim são apresentados os ensaios realizados, cumprindo os cadernos de encargos e a normas da marcação CE em particular os ensaios de compactação em laboratório proctor e in situ o radiativo. Relativamente aos ensaios das misturas betuminosas é apresentado o ensaio para a determinação da percentagem de betume por ignição.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro, Pavimento, Proctor, Gamadénsimetro, Betume, Ignição

ABSTRACT

The roads are an important means for human development, improving their living conditions and communications between various countries, so it is necessary to understand the basic building methods of building a street.

However, besides the elaboration of projects it is necessary to know several constructive methods, depending on the conditions found in the practice. This work intends to present the construction of a private industrial estate, which includes several aspects of civil engineering, in this case being detailed more specifically the road infrastructure.

Firstly, it is intended to make known the location of the premises of the construction company, the place where the work is to be carried out, and the planning and management work normally carried out before the works are carried out.

Following are the construction processes from the land movements to the landfill, sanitation networks, rainwater and water supply, and especially for road infrastructure in relation to pavement structures and bituminous mixtures used on site.

Finally, we present the tests carried out, complying with the specifications and CE marking standards, in particular the compaction tests in the proctor laboratory and at the site of the work, the radiative. For tests on bituminous mixtures the test for determining the percentage of bitumen by ignition is presented.

KEYWORDS: Landfield, Pavement, Proctor, Gamma density meter, Bitumen, Ignition.

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1.2. OBJETIVOS.....	2
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
2 ENQUADRAMENTO TÉCNICO	5
2.1. CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA	5
2.2. DESCRIÇÃO DA OBRA	6
2.2.1. LOCALIZAÇÃO	6
2.2.2. CLASSIFICAÇÃO DA OBRA.....	7
2.2.3. PREPARAÇÃO DA OBRA.....	8
2.2.3.1. Intervenientes na fase de execução da obra	8
2.2.3.2. Processos a cargo do empreiteiro.....	9
3 TAREFAS ADMINISTRATIVAS	11
3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS	11
3.2. PLANEAMENTO	11
3.3. CONTROLO DE QUALIDADE	12
3.4. CONTROLO DE CUSTOS.....	12
3.5. AUTOS DE MEDIÇÃO	13
3.6. EXEMPLO DE CONTROLO DE CUSTOS	14
4 PROCESSO CONSTRUTIVO.....	17
4.1. OBJETIVOS.....	17
4.2. SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA.....	17
4.3. TRABALHOS INICIAIS.....	19
4.3.1. TRABALHOS DE DESMATAÇÃO E DECAPAGEM.....	19

4.3.2. ABERTURA DOS CABOUCOS PARA A COLOCAÇÃO DOS POÇOS DAS FUNDAÇÕES E IMPLANTAÇÃO DOS POÇOS.....	21
4.3.3. COLOCAÇÃO DE GEOTÊXIL	26
4.4. CONSTRUÇÃO DO MURO DE GABIÕES	29
4.4.1. GENERALIDADES.....	29
4.4.2. CAMPO DE APLICAÇÃO EM OBRA	29
4.4.3. PROCESSO CONSTRUTIVO DO MURO DE GABIÕES.....	30
4.4.4. ATERRO NAS ENTRADAS PARA O LOTEAMENTO	31
4.5. TERRAPLENAGENS	32
4.5.1. INTRODUÇÃO	32
4.5.2. ATERRO NOS ARRUAMENTOS	33
4.5.3. ATERRO NO LOTE DE CONSTRUÇÃO.....	36
4.6. INSTALAÇÃO DAS REDES DE ÁGUAS PLUVIAIS, SANEAMENTO, ABASTECIMENTO DE ÁGUA E AS RESTANTES INFRAESTRUTURAS	37
4.6.1. INTRODUÇÃO	37
4.6.2. ÁGUAS PLUVIAIS.....	38
4.6.3. ABASTECIMENTO DE ÁGUA	43
4.6.4. REDE DE DRENAGEM	48
4.6.5. REDES DE MÉDIA/BAIXA TENSÃO, ILUMINAÇÃO EXTERIOR E TELECOMUNICAÇÕES	54
4.6.5.1. Rede média tensão	54
4.6.5.2. Rede baixa tensão.....	55
4.6.5.3. Rede de iluminação exterior e telecomunicações.....	56
4.7. INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS	56
4.8. PAVIMENTAÇÃO.....	61
4.8.1. INTRODUÇÃO	61
4.8.2. PROJETO DOS ARRUAMENTOS A EXECUTAR	62
4.8.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS A APLICAR	64
4.8.3.1. Camada sub-base	64
4.8.3.2. Camada base	66
4.8.3.3. Camada de desgaste	69
5 APLICAÇÃO DE ALGUNS MÉTODOS DE ENSAIOS	73
5.1. INTRODUÇÃO.....	73
5.2. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	73

5.2.1. INTRODUÇÃO	73
5.2.2. ENSAIO PROCTOR.....	74
5.2.3. ENSAIO RADIOATIVO (TROXLER).....	76
5.3. ENSAIO ÀS MISTURAS BETUMINOSAS	79
5.3.1. INTRODUÇÃO	79
5.3.2. PERCENTAGEM DE BETUME POR INGNIÇÃO (MUFLA).....	80
5.3.2.1. Considerações Gerais	80
5.3.2.2. Aparelho	80
5.3.2.3. Preparação da amostra	82
5.3.2.4. Procedimento geral	84
5.3.2.5. Procedimento para a mufla de acordo com o método A.....	84
5.3.2.6. Método de cálculo	85
5.3.2.7. Resultados obtidos	86
5.3.2.8. Princípio básico para obtenção do valor de correção	88
5.4. CONCLUSÃO FINAL	89
 6 BIBLIOGRAFIA	 91
 Anexos	 95
ANEXO A1	97
ANEXO A2	101
ANEXO A3	105
ANEXO A4	109
ANEXO A5	117
ANEXO A6	121
ANEXO A7	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Mapa de localização da obra (adaptado de https://www.visitarportugal.pt/distritos/d-braga/c-vila-nova-famalicao)	6
Figura 2.2 - Local da obra (adaptado de https://www.google.pt/maps/@41.410684,-8.4568876,285m/data=!3m1!1e3)	6
Figura 2.3 - Unidade Operacional de Planeamento e Gestão 5.5 do PDM de V. N. de Famalicão (adaptado de http://81.90.61.41:8082/pmots_vnf/c?_act=page&_name=mapvnf)	7
Figura 2.4 - Alvará de licença de construção	8
Figura 3.1 - Instrumentos de medição	14
Figura 4.1 - Sinal de trabalhos	18
Figura 4.2 - Sinal de perigos várias	18
Figura 4.3 - Sinal de aviso de entrada e saída de camiões	19
Figura 4.4 - Localização dos trabalhos referidos	20
Figura 4.5 - Aspeto do terreno antes do início dos trabalhos	21
Figura 4.6 - Bulldozer utilizada nos trabalhos de desmatação e decapagem	21
Figura 4.7 - Planta da localização dos poços na fundação do edifício	22
Figura 4.8 - Corte transversal dos poços do edifício	24
Figura 4.9 - Exemplo de uma fundação constituída por 4 poços betonados	24
Figura 4.10 - Colocação do geotêxtil na parte das infraestruturas viárias e construção dos edifícios	27
Figura 4.11 - Colocação do geotêxtil na zona viária	28
Figura 4.12 - Primeiro aterro sobre o geotêxtil	28
Figura 4.13 - Colocação do geotêxtil na zona do edifício	29
Figura 4.14 - Localização do muro de gabiões a azul	30
Figura 4.15 - Construção do muro de gabiões	31
Figura 4.16 - Aterro nos arruamentos, baías de estacionamento e passeios	33
Figura 4.17 - Descarga de saibro para aterro	34
Figura 4.18 - Espalhamento do aterro	34
Figura 4.19 - Compactação do aterro	35
Figura 4.20 - Aterro no local do edifício	37
Figura 4.21 – Estação total	38
Figura 4.22 - Projeto da rede implanta das águas pluviais	39
Figura 4.23 - Tubagem em PP corrugado SN8	40
Figura 4.24 - Pormenores das caixas de areia executadas	41

Figura 4.25 - Caixa de visitas simples	41
Figura 4.26 - Sarjetas em betão armado	42
Figura 4.27 - Ligação da rede águas pluviais à linha de água (Rio Pele)	42
Figura 4.28 - Equipamentos utilizados para execução dos trabalhos	43
Figura 4.29 - Projeto da ligação da rede de abastecimento de água à rede pública	44
Figura 4.30 - Projeto da rede de abastecimento de águas	45
Figura 4.31 - Tubagem de abastecimento de água em PVC	46
Figura 4.32 - Cabeça móvel e acessórios de ligação	47
Figura 4.33 - Marco de Incêndio	47
Figura 4.34 - Junta cega	48
Figura 4.35 - Projeto da rede de drenagem	49
Figura 4.36 - Caixa de visita simples	50
Figura 4.37 - Caixa de visita de ramal	51
Figura 4.38 - Localização das caixas de ramal no passeio e as respetivas ligações ao coletor	52
Figura 4.39 - Caixas de ramal do edifício principal	52
Figura 4.40 - Ligação do coletor ao poço de bombagem	53
Figura 4.41 - Travessia da rede de bombagem	53
Figura 4.42 - Casa das máquinas	54
Figura 4.43 - Caixas de visita rede média tensão	55
Figura 4.44 - Ligação da rede de média tensão da casa das máquinas ao edifício principal	55
Figura 4.45 - Projeto da rede de baixa tensão	56
Figura 4.46 - Projeto da rede viária.....	57
Figura 4.47 - Lancis de 1000*250*150mm.....	58
Figura 4.48 - Lancis de 1000*250*80mm.....	58
Figura 4.49 - Sequência da construção das guias e por fim do pavimento.....	59
Figura 4.50 - Pormenor da implantação e nivelamento dos pontos para a colocação em obra.....	59
Figura 4.51 - Materiais para o fabrico de betão e equipamento.....	60
Figura 4.52 - Assentamento dos lancis.....	60
Figura 4.53 - Colocação do betão para assentamento dos lancis	61
Figura 4.54 - Nivelamento dos lancis.....	61
Figura 4.55 - Pavimento flexível e pavimento rígido	62
Figura 4.56 - Estrutura de um pavimento flexível (Russel, 2011)	62
Figura 4.57 - Arruamento pavimentados.....	63

Figura 4.58- Perfil das camadas de pavimento nas baías de estacionamento	64
Figura 4.59 - Perfil das camadas de pavimento nos arruamentos.....	64
Figura 4.60 - Preparação para a colocação da sub-base	65
Figura 4.61 - Execução da camada sub-base com espalhamento do agregado de granulometria extensa com recurso a uma motoniveladora.....	66
Figura 4.62 - AGE usado na camada base e verificação das cotas.....	67
Figura 4.63 - Compactação da camada base	68
Figura 4.64 - Descarga da mistura betuminosa na espalhadora	70
Figura 4.65 - Espalhamento da mistura	70
Figura 4.66 - Compactação da mistura betuminosa	71
Figura 5.1 – Proctor (http://matest.com/es/Products/--1/AUTOMATIC-PROCTOR-CBR-COMPACTORS-/automatic-compaction-test).....	75
Figura 5.2 - Curva de compactação em laboratório	76
Figura 5.3 - Troxler	77
Figura 5.4 - Métodos do ensaio por gamadénsimetro.....	78
Figura 5.5 - Mufla usado para determinar a percentagem de betume	81
Figura 5.6 - Mufla com as cestas e a mistura betuminosa na balança interna	82
Figura 5.7 - Amostra colocada depois de saída do forno.....	83
Figura 5.8 - Depois de ligeiramente arrefecida é guardada e mantida na estufa.....	83
Figura 5.9 - Fim do ciclo do ensaio	85

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Dimensões das argolas e a quantidade usada em obra	23
Quadro 2 - Medição da betonagem dos poços	25
Quadro 3 - Trabalhos efetuados nos poços	25
Quadro 4 - Classificação dos cilindros de raso liso, de acordo com o LCPC	36
Quadro 5 - Quantidade de tubagens aplicadas	39
Quadro 6 - Quantidade de tubagens aplicadas	46
Quadro 7 - Quantidade de tubagem usada na rede de incêndio	46
Quadro 8 - Quantidade de tubagens aplicadas	49
Quadro 9 - Quantidade de tubagem poço bombagem à rede pública	49
Quadro 10 – Caraterísticas dos materiais granulares usados	66
Quadro 11 - Caraterísticas do ensaio proctor segundo LNEC E 197- 1966	74
Quadro 12 - Designação das misturas betuminosas	79
Quadro 13- Tamanho da amostra.....	82
Quadro 14 - Percentagem de betume.....	88

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

PME – Pequena e média empresa
Inci, IP – Instituto dos Mercados Públicos de Imobiliário e da Construção
SGQ – Sistema Gestão Qualidade
PDM – Plano Diretor Municipal
UOPG – Unidade Operativa de Planeamento e Gestão
ha – Hectare
D.O. – Dono de Obra
E.G. – Empreiteiro Geral
Ø – Diâmetro
C – Comprimento
L – Largura
A – Altura
°C – Graus Celcius
EU – União Europeia
PNR2000 – Plano Rodoviário Nacional 2000
ton – Toneladas
e – Espessura
N – Número de passagens de cilindro
PT – Posto de Transformação
i – Inclinação
MT – Média Tensão
 ϵ_{dp} – Extensão vertical da compressão no solo de fundação
EA – Equivalente de Areia
LA –Ensaio de Los Angeles
AC – Betão de Asfalto
Base – Camada Base
Bin – Camada de Ligação
Reg – Camada de Regularização
Surf – Camada de Desgaste
Wb/Wt – Massa do conjunto dos tabuleiros, incluindo a tampa
Ws,w – Massa da amostra se não estiver totalmente seca
Ws – Massa total da amostra seca

Wt+s – Massa da amostra e do conjunto dos tabuleiros incluindo as tampas

Wloss – Massa perdida dada pela balança interna

Wt+a – Massa total da amostra e do conjunto dos tabuleiros, incluindo a tampa após a ignição

Wa – Massa da amostra limpa sem betume

%loss – Percentagem de betume perdida na queima

CF/ACF – Fator de correção do agregado

B=%AC - %Percentagem de betume na mistura

Wot – Teor água ótimo

EC – Energia de Compactação

P – Peso do pilão

h- Altura de queda do pilão

n – Número de pancadas por camada de solo

c – Número de camadas

V – Volume do molde cilíndrico

γ_s – Baridade seca máxima

W – Teor de água

Csi – Massa perdida, em percentagem

Bmix – Quantidade de betume, adicionado à mistura

1

INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Esta dissertação, feita em ambiente empresarial, surge no âmbito para a consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo de todo o curso de engenharia civil, tendo como principal foco o ramo das vias de comunicação.

A base da escolha do estudante da realização deste estágio curricular em detrimento da dissertação baseada mais em investigação e projeto, surge na vontade do aluno em testar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, objetivando a sua passagem para a vida prática de uma empresa e, ainda, ao mundo do trabalho da construção civil.

Este estágio foi realizado na empresa DACOP – Construções e Obras Públicas, S.A. e decorreu no período entre dia 6 de Fevereiro e o dia 30 de Junho de 2017.

As estradas são consideradas estruturas laminadas estratificadas que apoiam continuamente sobre uma infraestrutura, sendo que as suas existências remontam desde dos primórdios da civilização como meio de comunicação entre várias civilizações. Já desde os tempos romanos que as estradas apresentam várias camadas com diferentes tipos de espessura e material, sendo que com o passar do tempo estas foram acompanhando a tecnologia e a evolução dos materiais. Com o aparecimento da revolução industrial por volta do início do século XVIII, que se estendeu até meados do século XX de igual forma se fez sentir também nas vias de comunicação com a invenção das locomotivas a vapor e por consequência assim a introdução das linhas férreas. Foi aqui que podemos dizer que aconteceu o primeiro “BOOM” na expansão das vias de comunicação com a construção das ditas ferrovias principalmente na Inglaterra onde ainda atualmente muitas dessas linhas se encontram ultrapassadas face às restantes da União Europeia. Com a produção em larga escala do automóvel no início do século XX foi necessário também adotar novos métodos estruturais e materiais para as estradas permitindo a circulação destes de uma forma mais segura e rápida, diminuindo a construção ferroviária e apostando mais na rodoviária. Mesmo que ambas tenham evoluído em paralelo, o transporte rodoviário continua a ser o grande responsável pelo movimento de cargas e pessoas, com o maior número de construções a essa parte.

Em relação à evolução da pavimentação, tendo começado por volta do século XIX e continuou pelo Século XX, destacam-se dois engenheiros a saber: O engenheiro John Loudon McAdam que teve um papel importantíssimo na primeira estrada em macadame, sendo ela a “Estrada de pântano em Ashton Gate em Bristol”, enquanto o engenheiro Thomas Telford por ter aplicado as teorias na construção de estradas. Ao longo de sua carreira podemos destacar uma passagem tida numa sua expressão que diz *“That it is the native soil which really supports the weight of traffic; that while it is preserved in a dry state, it will carry any weight without sinking and that it does in fact carry the road and*

carriages also; that this native soil must be previously made quite dry and a covering placed over it in that dry state; that the thickness of the road should only be regulated by the quantity of material necessary to form such impervious covering and never by reference to its own power of carrying weight.”

Com a já referida produção em larga escala dos veículos a motor, as estradas em macadame vieram agravar o problema das poeiras. Nessa altura então começaram a surgir várias ideias por parte de engenheiros até que no início do século XX o inventor Edgar Purnell Hooley revolucionou a pavimentação de estradas quando reparou que numa estrada em macadame, foi despejado involuntariamente alcatrão, aumentando a sua resistência e diminuindo a existência de poeiras. Com a evolução até aos tempos atuais os pavimentos das estradas também sofreram alterações e foram introduzidas novas formas de misturas betuminosas como o betume, mastic asphalt, a emulsão entre outras.

Ao que tange o nível nacional até 1945 Portugal não tinha um Plano Rodoviário definido. Nesse ponto foram definidos 3 níveis de classes às estradas existentes e já para as novas, no caso as que se viessem construir, foram fixadas larguras mínimas. A maior alteração ao Plano Rodoviário Português PRN2000 aconteceu, devido ao à adesão de Portugal à União Europeia obrigando profundas alterações no Plano Rodoviário de forma a cumprir as existências e conformidade das regras da EU. Portugal foi dos primeiros países a construir uma autoestrada, no entanto a construção em larga escala de autoestrada e do desenvolvimento rodoviário aconteceu nos final dos anos 80 até cerca de 2000, sendo um dos países do mundo que têm maior quilómetros de autoestrada por área e habitante.

Atualmente e devido à crise económica que atingiu a Europa no início do século XXI, como a existência de boas redes já existente, a construção de estradas entra numa fase de declínio, restringindo-se mais à reabilitação da rede existente, mantendo os níveis de segurança e conforto para os utilizadores.

1.2. OBJETIVOS

A presente dissertação tem como objetivo, consolidar os conceitos aprendidos até ao 5º ano do curso de Engenharia Civil, principalmente na área de Vias de Comunicação, com o acompanhamento de uma obra de carácter privado, mas bastante complexa no que diz respeito a todos os ramos de Engenharia Civil.

Tendo como assente que o curso ministrado teve um enorme pendor teórico, o acompanhamento *in loco* de várias obras no ramo de Vias de Comunicação, veio acrescentar uma mais valia ao aluno permitindo que este se prepare melhor para o mundo de trabalho, sendo uma mais valia aos conceitos teóricos aprendidos, ao lidar de perto com pessoas que possuíam larga experiência prática nessa área, adquirida ao longo de muitos anos permitiu uma conexão em duas vertentes da Engenharia compatibilizando a teoria com a prática. A realidade demonstrou que a teoria e prática complementam-se, permitindo assim o *feedback* no terreno da aplicabilidade da teoria.

Deste modo pretende-se que com esta dissertação, se consiga compreender a evolução de uma obra, resolvendo os problemas práticos do dia a dia, aprendendo os processos construtivos de raiz, principalmente nas áreas dos aterros, da construção e pavimentação de arruamentos e estradas. Assim pode-se ter uma ideia de como decorre os trabalhos desde do início da obra, até aos arranjos exteriores, passando por várias fases e os processos construtivos de cada uma dessas fases, incluindo a natureza dos materiais e equipamentos a utilizar na obra.

Por fim concilia-se os ensaios necessários a realizar em aterros e às misturas betuminosas, fazendo uso ao que foi aprendido durante a especialização na área de vias.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A estrutura da dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos que serão descritas a seguir:

- **Capítulo 1** – Introdução e objetivos onde se descreve resumidamente a história das vias de comunicação e o Plano Rodoviário de Portugal, e a metodologia na base desta dissertação.
- **Capítulo 2** – Enquadramento Técnico onde se descreve a empresa onde foi realizado a dissertação em ambiente empresarial, a descrição da obra e a sua preparação.
- **Capítulo 3** – Tarefas Administrativas onde se descreve os trabalhos preparatórios antes da fase de execução da obra, como o planeamento, o controlo de custos, controlo de qualidade e as medições.
- **Capítulo 4** – Processo Construtivo, onde é descrita os trabalhos desenvolvidos na fase de execução dando ênfase aos trabalhos de ordem rodoviária como a parte dos aterros e de pavimentação.
- **Capítulo 5** – Resultado dos Ensaios onde se remete os ensaios efetuados aos aterros e às misturas betuminosas, bem como os procedimentos e resultados finais destes.

2 ENQUADRAMENTO TÉCNICO

2.1. CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA

Atualmente designada por DACOP – Construções e Obras Públicas, S.A. é uma empresa de construção civil e obras públicas criada 1968, mas que sofreu alterações quer ao nível de sua constituição, como ao nível da sua denominação, atualmente sediada em S. Martinho do Vale, concelho de Vila Nova de Famalicão.

A empresa desenvolve o seu trabalho e negócio fundamentalmente no sector da construção de pavimentos, abastecimento de águas, águas pluviais, saneamento e produção de misturas betuminosas.

As principais atividades da DACOP estão vocacionadas, na sua essência, às obras públicas, obras particulares e à produção e venda de mistura de betuminosas. No que toca as obras públicas essas são adjudicadas por concurso público, enquanto nas obras particulares, na grande maioria, são apalavradas com os respetivos Donos de Obra.

Sendo a DACOP uma pequena e média empresa líder (PME), com uma estrutura jurídica assente numa sociedade anónima, as suas ações estão distribuídas por 5 pessoas, sendo que a sua estrutura organizacional é composta por uma administração (5 pessoas) correspondente ao 1º nível, sendo o 2º nível composto pelo grupo da qualidade; de auditores da qualidade e secção da segurança; e, os ligados a higiene e saúde no trabalho. Já em relação ao que podemos chamar de 3º grupo, este é constituído pelo departamento de produção; comercial, administrativa e serviços; financeira; e, qualidade e técnico, tudo como se esquematiza o organograma no anexo A1.

Como tal na construção civil e de acordo com a legislação em vigor, no caso o decreto-lei 12/2004 de 9 de Janeiro, a empresa para o exercício da sua função necessita de um alvará emitido pelo Instituto da Construção e do Imobiliário I.P. (InCI, I.P.), em que autoriza o promotor a realizar as diversas atividades.

Relativamente a este assunto e no caso em concreto a empresa é titular do alvará n.º 12.829, que cumpre todos os requisitos para ser a entidade responsável pela execução da obra no sector ali determinado.

Relativamente às suas infraestruturas é na localização da sede que estão instaladas as principais secções dos departamentos identificados no organograma, estando o estaleiro geral situado na parte adjacente à sede, onde também estão situados a oficina, a serralharia, depósitos de combustíveis, etc. Para além das infraestruturas que normalmente constituem uma empresa de construção civil, a DACOP, tem uma central de betuminosos situado na freguesia de Lousado, concelho de Vila Nova de Famalicão, onde ocorre a produção e a gestão das cargas, constituído ainda por um laboratório cuja finalidade é a colheita de amostras necessárias à análise que vai determinar se as misturas estão a

cumprir as regras da Diretiva dos Produtos de Construção, isso devido ao aparecimento da normalização europeia e da marcação CE nos produtos da mistura betuminosa.

Por fim de salientar que a DACOP tem implementado um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) segunda a norma NP EN 9001:2008.

2.2. DESCRIÇÃO DA OBRA

2.2.1. LOCALIZAÇÃO

A construção do loteamento industrial e onde decorreu a obra, situa-se no distrito de Braga, concelho Vila Nova de Famalicão, na freguesia de Requião, mais concretamente na Avenida da Liberdade que dá acesso à saída da autoestrada A7, no caso para Seide e em direção à nacional 206, que vem fazer a ligação Famalicão – Guimarães. Nas figuras 2.1. e 2.2. é esquematizado a localização da obra.



Figura 2.1 - Mapa de localização da obra (adaptado de <https://www.visitarportugal.pt/distritos/d-braga/c-vila-nova-famalicao>)

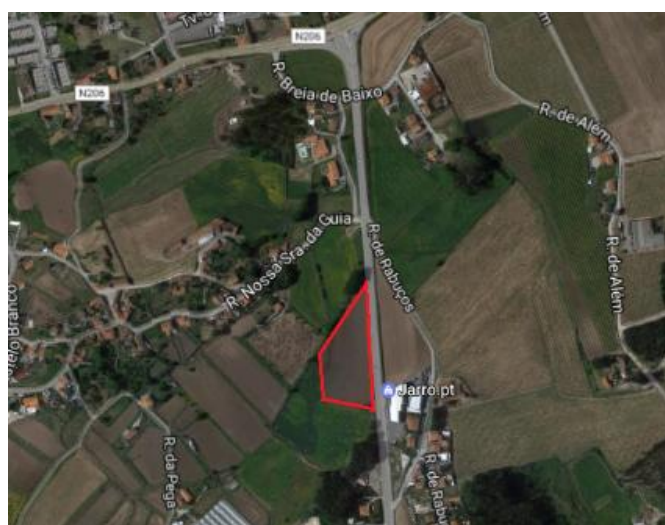


Figura 2.2 - Local da obra (adaptado de <https://www.google.pt/maps/@41.410684,-8.4568876,285m/data=!3m1!1e3>)

2.2.2. CLASSIFICAÇÃO DA OBRA

Esta obra decorreu na já referida Avenida da Liberdade, num terreno pertencente a Gandrainvest – Imóveis e Participações, Lda, registado junto da conservatória Registo Predial de V. N: Famalicão, em área destinada a edificação do tipo industrial.

Segundo o Plano Diretor Municipal (PDM), do concelho de V. N. de Famalicão, o terreno situa-se na Unidade Operativas de Planeamento e Gestão 5.5 (UOPG 5.5), designado para “*Área de Acolhimento Empresarial XI*”, como é esquematizado na figura 2.3. A roxo claro significa a área destinada a nova construção industrial, o roxo mais escuro a área existente de indústria e a castanho a área urbanizada por habitações.

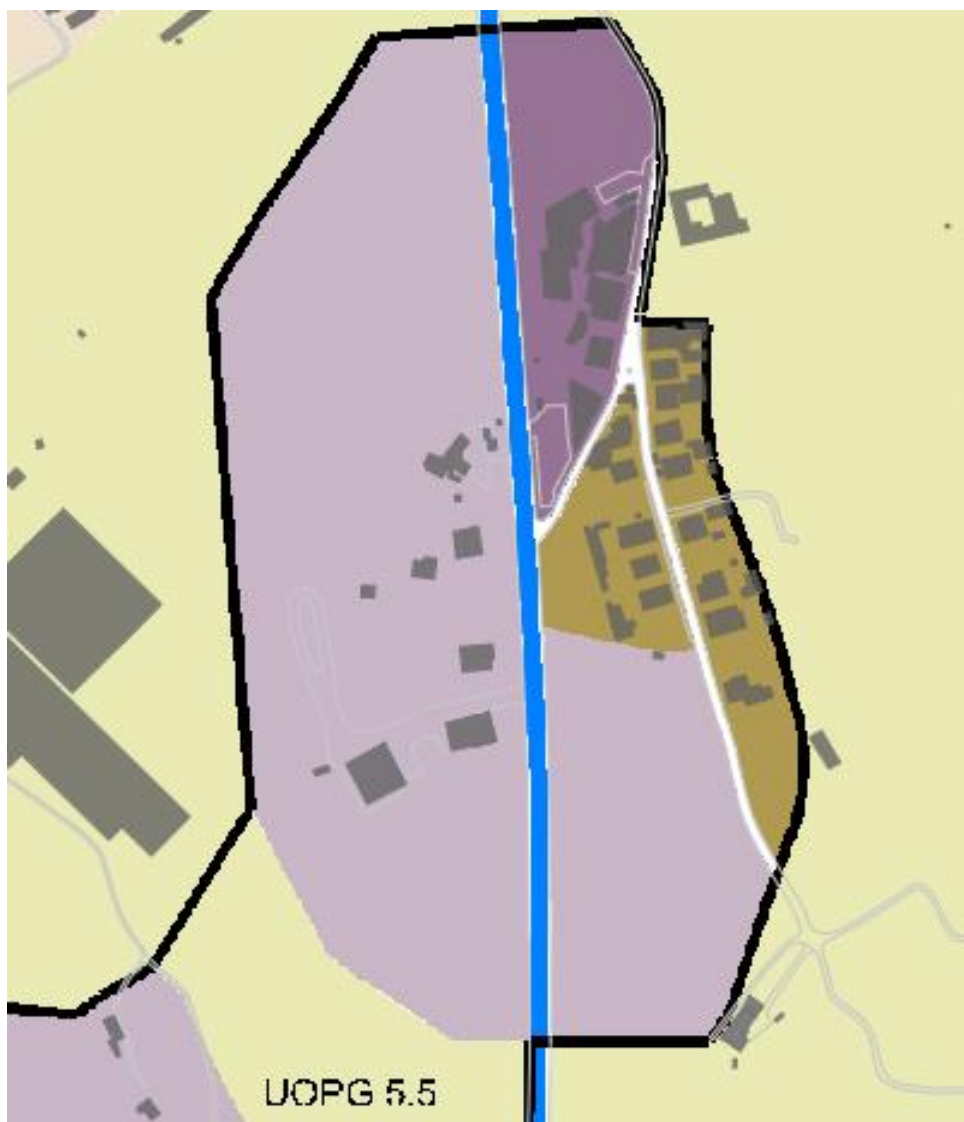


Figura 2.3 - Unidade Operacional de Planeamento e Gestão 5.5 do PDM de V. N. de Famalicão (adaptado de http://81.90.61.41:8082/pmots_vnf/c?_act=page&_name=mapvnf)

Esta Unidade Operacional de Planeamento e Gestão (UOPG), corresponde a uma área aproximada de 32ha, tem como objetivo delineado no PDM a construção de uma zona industrial de elevada qualidade, salvaguardando a linha de água existente (Rio Pele), inclusive a integração com a área

verde, tendo sendo em conta a transição entre a zona habitacional e empresarial, de preferência com a criação de espaços verdes entre estes.

A seguir apresenta-se os objetivos da construção deste loteamento industrial:

- **Natureza:** Construção Civil;
- **Sector:** Privado;
- **Natureza de utilização:** Industrial;
- **Tipo:** Construção nova;
- **Prazo de construção:** Início a 12 de Outubro de 2016 e Final a 12 de Outubro de 2017;
- **Dono de obra:** Particular (Gandrainvest);
- **Empreiteiro:** Dacop – Construção e Obras Públicas;

Figura 2.4 - Alvará de licença de construção

2.2.3. PREPARAÇÃO DA OBRA

2.2.3.1. Intervenientes na fase de execução da obra

Os principais intervenientes nesta obra são os autores do projeto, o Dono de Obra (DO), o empreiteiro geral (EG) e os diversos fornecedores.

Os projetistas são os autores dos diversos projetos necessários para a construção, como os projetos de estabilidade/arquitetura; o projeto dos arranjes exteriores e das redes viárias; os projetos das águas pluviais; abastecimento e saneamento; os projetos eletricidade; e, os de telecomunicações. O Dono de Obra neste caso tem como principal função a fiscalização da obra e a sua revisão.

Em seguida passaremos apresentar melhor as funções de cada um deles na fase de execução.

O *Dono de Obra* é a entidade que requereu a realização desta obra, sendo ele a pessoa, indicada a introduzir alteração ao projeto caso ache necessário e mesmo a cargo, ou seja, é o Gestor Geral do Empreendimento. É o responsável pela revisão do projeto, gestão global da qualidade e coordenação e fiscalização da obra.

Os *Autores de Projeto* têm as funções de fazer o projeto, prestar assistência técnica durante as obras, prestando os esclarecimentos necessários às dúvidas relativas ao projeto que possam surgir e a outros pormenores decorrentes. Também devem efetuar alterações aos projetos assim que o Dono de Obra requerer, e em caso de dúvidas levantadas inspecionar a obra de forma a verificar o projetado. Sendo

uma obra bastante complexa, esta incluiu vários projetistas, entre os mais importantes o projeto de arquitetura; infraestruturas viárias; água e saneamento; estruturas; e, parte elétrica.

O *Empreiteiro* tem várias funções importantes destinadas como ser Diretor de Obra e Técnico de Obra, ser responsável pelos diversos subempreiteiros, trabalhando com as equipas de trabalho entre várias que serão melhor especificadas no capítulo 2.2.3.2 do Processos a Cargo do Empreiteiro.

Por fim os *fornecedores* têm um papel relevante no fornecimento dos materiais e componentes necessários, mas também em equipamentos sendo este último menos usual.

2.2.3.2. Processos a cargo do empreiteiro

Uma vez recebido o processo concernente à obra, o empreiteiro teve um prazo para a preparar com vista a sua execução. As principais funções a cargo do empreiteiro foram:

- **Preparação inicial da obra pela direção de produção:** Exemplo de mapa de produção, previsão de custos, planos de trabalho e orçamentos;
- **Preparação inicial da obra pelo Diretor de Obra:** Organização do estaleiro, organização do trabalho e equipas de chefia e organização geral da obra;
- **Apoio administrativo:** Efetuar aquisição de materiais, contratação e adjudicação de subempreitadas, mão-de-obra e gestão de equipamentos;
- **Funções durante a execução da obra:** Controlo de custos, prazos, faturas, medições, controlar a segurança e a qualidade em obra, entre outros.

Estes dois últimos assuntos referidos, foi tentar de forma muito simplificada dar a entender os intervenientes nas obras e mostrar as funções relativas ao empreiteiro na sua execução.

3

TAREFAS ADMINISTRATIVAS

3.1. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Neste capítulo são especificadas todas as atividades em obra e a sequência dos trabalhos planeados, referindo muito resumidamente alguns dos trabalhos efetuados em escritório. Como se verá a obra inclui vários ramos da engenharia civil que são aqui apresentados, mas tendo sempre o maior foco no desenvolvimento da sua ligação ao ramo de vias de comunicação.

Recorreram-se a vários métodos para o acompanhamento e retirada de informação da evolução da obra como por exemplo:

- Contacto visual com a obra;
- Interpretação e preparação do projeto;
- Registo fotográfico e apontamento escrito dos pormenores;
- Informação transmitida pela equipa da obra e pelos engenheiros;
- Pesquisa pessoal e competências adquiridas durante o curso.

3.2. PLANEAMENTO

O planeamento da obra tem como objetivo controlar o desenvolvimento das atividades e a sua sequência descrita no plano de trabalhos, tudo de forma a cumprir prazos fixados. Neste caso prevaleceu a necessidade de cumprimento dos prazos por parte da empresa construtora em detrimento do Dono de Obra. Neste plano de trabalhos foi elaborado com recurso a ferramenta informática Microsoft Project®, sendo realizado antes do início do estágio. É uma ferramenta importante para controlo dos planos, dividindo a obra em fases, sendo mais fácil de controlar os recursos e as durações de cada atividade. No anexo A2 é apresentado um exemplo de um plano de trabalhos.

Relativamente à referida ferramenta Microsoft Project é de salientar que para a criação de um plano de trabalhos é necessário determinar os dados de base que são:

- Listagem de tarefas;
- Duração das tarefas;
- Encadeamento das tarefas; e,
- Otimização.

Para a realização desta obra em particular foi estimado que a sua duração se prolongaria por cerca de 12 meses, com interrupções da empresa responsável, devido à entrada em obra de empresas subempreiteiras, principalmente da área de estruturas. Isto causou uma ocupação significativa do local da construção por condicionalismos de colocação do camião grua, da serralharia, da carpintaria e de

outras áreas necessárias na construção do edifício de betão armado, implicando uma paragem nos trabalhos de vias de comunicação.

O acompanhamento por parte do Dono de Obra foi feito através de sua presença pessoal no local dos trabalhos, normalmente uma vez por semana, reunindo-se com o Diretor de Obra e os subempreiteiros de outras áreas, sempre com o aval do arquiteto e Dono de Obra quando necessário. Nessas reuniões eram verificadas o desenrolar das atividades e sempre que se achou necessário procedeu-se a alterações no projeto. Estas alterações foram incluídas e explicitadas no plano de trabalhos, sendo que por se tratar de trabalhos adicionais levar-se-ia em conta os débitos futuros à parte.

Uma vez que, o prazo estimado para a construção era elevado o Empreiteiro Geral optou pela afetação de uma pequena equipa de trabalho, baixando o rendimento médio da obra que seria normal em obras deste tipo, estabelecendo uma média de 3 trabalhadores diários. De salientar ainda que, dentre outros fatores, as condições meteorológicas influenciaram o rendimento.

A introdução de subempreitadas na obra, apresentou ainda desvantagens pois que as suas tarefas teriam implicação nos trabalhos a jusante.

3.3. CONTROLO DE QUALIDADE

O controlo da qualidade tem como objetivo verificar, de acordo com o projeto e as condições técnicas especiais, se a obra está a ser executada de acordo com a legislação em vigor e dentro dos parâmetros de qualidade. Os materiais e equipamentos usados, devem merecer aprovação pelo dono de obra em sonância com o diretor da obra, satisfazendo estes requisitos e aplicados segundo as técnicas mais indicadas.

Desta forma o controlo da qualidade dos materiais foi verificado de duas maneiras: numa primeira fase trata-se da encomenda que é feita pelo diretor de obra, sendo que a segunda é já na receção em obra por parte do encarregado. Assim, todo o material usado em obra, apesar de poder apresentar diferentes marcas comerciais, tem de manter a sua duração, solidez e qualidade. A escolha dos materiais teve sempre em conta os preços de diversos fornecedores, sendo da responsabilidade da empresa adjudicatária o controlo desses materiais através das suas especificações técnicas, enviados na altura da encomenda. Os mesmos eram verificados pelo encarregado na receção em obra através da contagem e visualização das unidades recebidas, guias de remessas e outro tipo de documentação.

A empresa adjudicatária, tem como obrigação, apresentar as amostras dos materiais a empregar na obra e, sempre que possível, acompanhá-los nos respetivos ensaios feitos em laboratórios oficiais.

3.4. CONTROLO DE CUSTOS

O controlo de custo é uma ferramenta bastante importante para a empresa adjudicatária da obra, permitindo possuir mais uma verificação dos custos, normalmente efetuada mês a mês, quanto ao custo da obra de forma a verificar se está em concertação com o valor total da empreitada.

Como já foi referido anteriormente, o valor total da obra a cargo da empresa, que foi efetuado na altura do orçamento a concurso da obra, torna o controlo de custo uma ferramenta indispensável de modo a evitar derrapagens de orçamentação.

Esse procedimento, efetua-se com recurso por exemplo, ao controlo das quantidades em obra, sendo necessário por vezes ir ao terreno fazer as medições e contagem de materiais usados. Muitas das vezes essas medições são efetuadas na presença de um representante do dono de obra e do empreiteiro. Depois essa informação é passada para uma folha de cálculo, onde se introduz as quantidades dos

artigos usados, já devidamente preenchido com o preço unitário de cada artigo. De seguida, é efetuado o auto de medição relativamente ao mês controlado e enviado para o Dono de Obra, Após a validação é possível emitir a correspondente fatura. No anexo A3, esquematiza-se um exemplo de um controlo de custos.

Relativamente aos pagamentos efetuados aos subempreiteiros, é executado pela empresa adjudicatária faturação correspondente aos respetivos trabalhos, a que se somam os lucros esperados e razoáveis.

Resumindo existem duas formas de faturação/pagamento:

- Faturação do empreiteiro, ao dono de obra; e,
- Faturação do subempreiteiro ao empreiteiro.

3.5. AUTOS DE MEDIÇÃO

Os autos de medição, podem ser usados para alcançar diversas funções:

- Permitir um acompanhamento adequado da evolução da obra;
- Proceder à contagem dos materiais usados na obra para controlo da empresa;
- Autorizar a emissão dos autos e respetiva faturação; e,
- Controlar os trabalhos relativamente ao previsto em projeto.

Como referido no tópico anterior, mas de forma mais abrangente, os autos servem de base a emissão de faturas numa perspetiva parcial ou total. Normalmente é efetuada mensalmente mas pode ser efetuado de forma total, que neste caso se referem a todos os trabalhos efetuados. É importante referir que para a orçamentação as medições são muito importantes a fim de se preverem os trabalhos a efetuar.

Neste caso específico foi dado um contributo importante por parte do estagiário. Este teve o trabalho de proceder às medições, com recurso a material adequado. Foi procedido de ajuda em alguns dos casos mais complexos, sendo que noutros desenvolveu todo o trabalho individualmente.

Quanto ainda e no que toca a recolha de informação essa é depois transportada para uma base de dados, onde é efetuado o auto normalmente com a data do último dia do mês a que diz respeito.

Na parte das medições, além de dar uma noção da realidade depois da leitura do projeto, é uma peça muito importante porque é através destas atividades efetuadas que se fazem a emissão de faturas. Estas medições são efetuadas em m^3 (metro cubico), m^2 (metro quadrado), ml (metro linear) e em h (horas).

As ferramentas usadas em obra para as medições foram as fitas métricas curtas (5m), médias (20m), longas (50m) e a roda.



Figura 3.1 - Instrumentos de medição

3.6. EXEMPLO DE CONTROLO DE CUSTOS

Apresenta-se um exemplo do controlo de custos referentes ao preço da mistura betuminosa por tonelada.

- Distância média da central à obra é de 16 Km;
- O tempo de cada ciclo do camião é de 1 hora;
- A velocidade média de circulação é de 40Km/h;
- O custo de aquisição do camião é de 300000€;
- O consumo é de 20 l/h de gasóleo;
- O custo do gasóleo média de 1€;
- O custo do motorista é de 7€/h;
- Por cada ciclo o camião transporta cerca de 18 toneladas;
- O custo de manutenção é de 2€/h;
- O período de amortização cerca de 30000horas;
- Não vamos considerar o custo dos pneus, lubrificantes, impostos e seguros;
- O valor residual e taxa de juro é de 0%.

Em primeiro é necessário efetuar o custo de permanência em obra.

$$CP / h = \frac{b - d}{c} + \frac{e}{100} \times \left(\frac{a + d}{2} \right) + \text{custo do pneu} / \text{lubrificantes} / \text{impostos} / \text{motorista}$$

Em que:

a é o preço de aquisição;

b preço de aquisição sem pneumático (exemplo para máquinas);

c tempo de amortização;

e juros%;

d valor residual.

$$CP / h = \frac{300000 - 0}{30000} + 0 + 0 + 0 + 7$$

$$CP/h = 17\text{€}/\text{hora}$$

A seguir é apresentado o custo de funcionamento.

$$Cf/h = a \times b + c \times d + \frac{e}{f} + \text{manutenção/reparação}$$

Em que:

a custo do combustível;
b consumo do combustível;
c custo dos óleos;
e custo dos pneumáticos;
f longevidade dos pneumáticos.

$$Cf/h = 20 \times 1 + 0 + 2$$

$$Cf/h = 22\text{€}/h$$

Para se saber o tempo de permanência e o tempo de funcionamento do caminhão, sabendo que a velocidade a que circula o caminhão é de 40 Km/h, e que a distância do ciclo de 32 Km, então:

- Em funcionamento $\frac{32}{40} = 0,8h$;

Então temos que:

- O total do custo de permanência mais o custo de funcionamento é de 39 €/h;

Como o ciclo é de 1 hora:

- Temos, 1h corresponde a CP=39€ do custo de funcionamento
- e 0,8h corresponde a CF=27,2€

O total dos custos de permanência mais funcionamento durante o ciclo é de 66,2 €.

Como o custo por tonelada é de 18€, então o custo de transporte da mistura betuminosa vai ser de $66,2/18=3,68\text{€}$.

4

PROCESSO CONSTRUTIVO

4.1. OBJETIVOS

É neste capítulo que será apresentado todo o desenvolvimento construtivo da obra, principalmente na área de vias de comunicação, no que diz respeito à parte de movimentações de terras que são atualmente uns dos grandes problemas devido à dificuldade de quantificação das terras movimentadas. Serão descritas ainda as partes relativamente ao abastecimento de águas, drenagem das águas pluviais e de saneamento. Por fim, serão apresentados todos os processos de construção das infraestruturas viárias como a construção dos lancis, passeios, baias de estacionamento e da rede viária.

De referir que serão ainda apresentados no capítulo seguinte em relação aos ensaios relativamente ao aterro efetuado, devido às várias condicionantes do local e, ainda, aos ensaios das misturas betuminosas de forma a garantir a qualidade da mistura e a sua harmonização com as normas europeias.

4.2. SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA

A construção deste loteamento industrial, obrigou a implementação na Avenida da Liberdade de sinalização temporária seguindo os princípios básicos destes:

- Mantendo a simplicidade, ou seja, evitar a abundância de sinais que dificultam a perceção do condutor, sendo claros e sucintos;
- Utilizando uma sinalização de continuidade, o que permite um tempo de resposta e perceção ao condutor da possível situação em causa; e,
- Obediência as regras do Código de Estrada.

A sinalização temporária permite neste caso identificar aos condutores a possibilidade de condicionalismos na via, que podem afetar a sua circulação, forçando estes a adaptar uma modificação no seu comportamento.

A escolha desta sinalização teve de ser elaborada em projeto e sendo necessário informar a entidade a responsável pela gestão daquela via. Deve ser elaborado um plano de sinalização que respeitará as prescrições do D.R. nº 22-A/98 de 1 de Outubro, com as alterações introduzidas pelo D.R. nº 41/2002 de 20 de Agosto e pelo D.R. nº 13/2003 de 26 de Junho. No entanto, devido a problemas entre a Câmara e a Infraestruturas de Portugal em que ambas declinavam a responsabilidade pela mesma, acabou por não ser necessária autorização para quaisquer trabalhos que houve necessidade de execução. No entanto a empresa adotou um método adequado para a implantação destes, tendo em conta as seguintes situações:

- Escolha adequada dos sinais;

- Localização e visibilidade devem ser o melhor possível;
- Sinais legíveis e em bom estado, não devendo estar mais que um sinal no mesmo local e espaços adequados entre eles; e,
- Obediência ao Código de Estrada, nomeadamente quanto ao Regulamento deste, dando cumprimento ao regulamentado para cada sinal.

Para tal, foi necessário trazer do estaleiro central a sinalização necessária, até ao local a fim de ser implantado de acordo com o que fora projetado, em ambos os lados da via pública. Neste caso apenas foi necessário a colocação de sinais verticais temporários sendo estes de fundo amarelo, onde o primeiro indica a proximidade a zona de obras, sinal de perigo e a placa de indicação de entrada e saída de camiões, estando espaçados a uma distância igual entre eles aproximadamente de 50 metros, localizados nas bermas.

Nas figuras seguintes (figura 4.1;4.2;4.3) são apresentados os sinais utilizados nesta obra relativamente à sinalização temporária, enquanto decorrem os trabalhos.

Como mais à frente é explicado nos subcapítulos da drenagem das águas de saneamento e no abastecimento de água, em que se foi obrigado a efetuar a travessia pela Avenida da Liberdade, mas como já foi referido anteriormente não houve por parte das Entidades Públicas a assunção da responsabilidade pela estrada, ao que não foi necessário a criação de um plano de sinalização para entregar as entidades competentes a avisar os trabalhos que foram efetuados, caso fosse necessário informar entidades de autocarros, etc. No entanto em anexo A4 apresentaremos um exemplo desse plano.



Figura 4.1 - Sinal de trabalhos



Figura 4.2 - Sinal de perigos várias



Figura 4.3 - Sinal de aviso de entrada e saída de caminhões

4.3. TRABALHOS INICIAIS

4.3.1. TRABALHOS DE DESMATAÇÃO E DECAPAGEM

Antes de começar a explicar o processo construtivo dos trabalhos efetuados, desmatção e decapagem, passar-se-á a explicar como devem ser precedidos estes trabalhos, de acordo com a regras de segurança em obra e os princípios de boa aplicação.

1. Os trabalhos devem ser limitados apenas às áreas necessárias à construção. As áreas adjacentes às áreas a intervir, mesmo caso venham depois a ser utilizadas, não devem ser desmatadas ou decapadas;
2. Caso existem espécies arbóreas e que estejam com estatuto de proteção estas devem ser salvaguardadas;
3. Evitar a remoção de raízes de grandes dimensões que podem alterar a estrutura do solo e provocar uma instabilidade neste;
4. Durante as operações de decapagem a camada superficial de solo deve ser cuidadosamente removida e depositada em pargas;
5. As pargas provenientes da decapagem não devem ultrapassar os 2 metros de altura e devem localizar-se na vizinhança destes locais de forma a poderem ser reaproveitadas para certas zonas, como por exemplo nos arranjos exteriores.

De acordo com as condicionantes das obras e o que foi projetado, foi necessário efetuar duas entradas para o loteamento, uma mais a norte (onde se situará a saída definitiva para o loteamento) em acordo com o projeto da rede viária, e a outra a sul (que neste caso servirá apenas de entrada de veículos). Como é lógico foi preciso criar frentes de obras, aproveitando os sítios projetados da entrada e saída para início dos trabalhos. Mas antes de se criar as entradas para a obra foi necessário fazer os trabalhos de desmatção e decapagem do terreno com uma espessura média de 0,30m, com recurso a um bulldozer, transportando as terras para local previamente determinado como vazadouro, que neste caso foi considerado a parte do terreno que manteve a sua forma natural onde se poderá verificar na figura a seguir.

Os trabalhos de desmatção e decapagem dos solos (ainda que de pequena extensão) tiveram o cuidado de limitarem-se às áreas estritamente necessárias à execução dos trabalhos, e no mais curto período de tempo possível, evitando-se os períodos de maior precipitação. Esta medida contribui para

a minimização dos fenómenos erosivos e consequentemente o arrastamento de solos para as linhas de água.

A camada de solo superficial decapada, foi colocada no local de vazadouro para no futuro proceder-se a sua utilização, mormente em áreas que mais tarde virão a ser terreno natural, aproveitando-se para o crescimento de ervas, mas também para a utilização de terras para os arranjos exteriores.

Teve-se de ter a atenção quanto ao nivelamento das terras desviadas para essa parte do terreno, evitando-se a acumulação de terra vegetal, sem se efetuar o seu devido espalhamento evitando a sua acumulação podendo provocar instabilidade do solo, assim como, do impacto visual. Então a tarefa em si resultou em nivelamento em camadas da terra vegetal, com um volume aproximadamente de 900m^3 e uma área de $3000,40\text{ m}_2$.

- Este tipo de tarefa teve um preço unitário aproximado 0.91 por m^2 .
- Relativamente ao equipamento usado como acima referido foi por uma bulldozer, tendo tido um período aproximado de 4h, ou seja, meio dia de trabalho e efetuado por um manobrador qualificado.

Na figura 4.4 abaixo esquematizada, é representado o local de desmatção, decapagem e o local de vazadouro, a verde e a vermelho respetivamente.



Figura 4.4 - Localização dos trabalhos referidos



Figura 4.5 - Aspeto do terreno antes do início dos trabalhos

O equipamento utilizado nesta fase inicial foi um Bulldozer da marca Komatsu, modelo B85ESS – 2A Dozer, como se esquematiza na figura 4.6.



Figura 4.6 - Bulldozer utilizada nos trabalhos de desmatação e decapagem

4.3.2. ABERTURA DOS CABOUCOS PARA A COLOCAÇÃO DOS POÇOS DAS FUNDAÇÕES E IMPLANTAÇÃO DOS POÇOS

Antes de aplicar a manta geotêxtil em toda a área definida, foi necessário abrir os caboucos para a implantação dos poços onde assentaram as sapatas do edifício. Como o terreno não é plano e tem um desnível desde da avenida da liberdade até ao limite do terreno junto à linha de água (desnível de cerca 3 metros em 100 metros), foi necessário nivelar a parte da implantação do edifício. Assim sendo, a metodologia projetada consiste que se mantivesse o mesmo número de argolas, tentando minimizar ao

máximo a diferença de cotas, que foi corrigida pelas sapatas uma vez que a cota da face superior da sapata era fixa constantemente ao longo de todo o edifício (variava a secção da sapata para permitir que o encaixe dos pilares se fizesse sempre à mesma cota).

A planta estrutural do edifício na qual onde a DACOP, apenas teve o contributo na abertura dos caboucos e na sua betonagem e em relação às fundações, é constituída da forma a que se pode observar na figura 4.7:

- No total o edifício tem dezoito fundações constituídas por poços e onde são implantadas por cima as sapatas;
- Existem dez fundações constituídas por quatro poços, sendo que cada poço é formado por nove argolas betonadas “in situ”;
- Existem ainda seis fundações com dois poços e duas fundações com um poço, sendo todos novamente constituídos por nove argolas;

A laranja indicam-se as argolas de maiores diâmetros, enquanto a verde as de menores, com as respectivas dimensões e a quantidade usadas como se pode verificar no quadro 1.

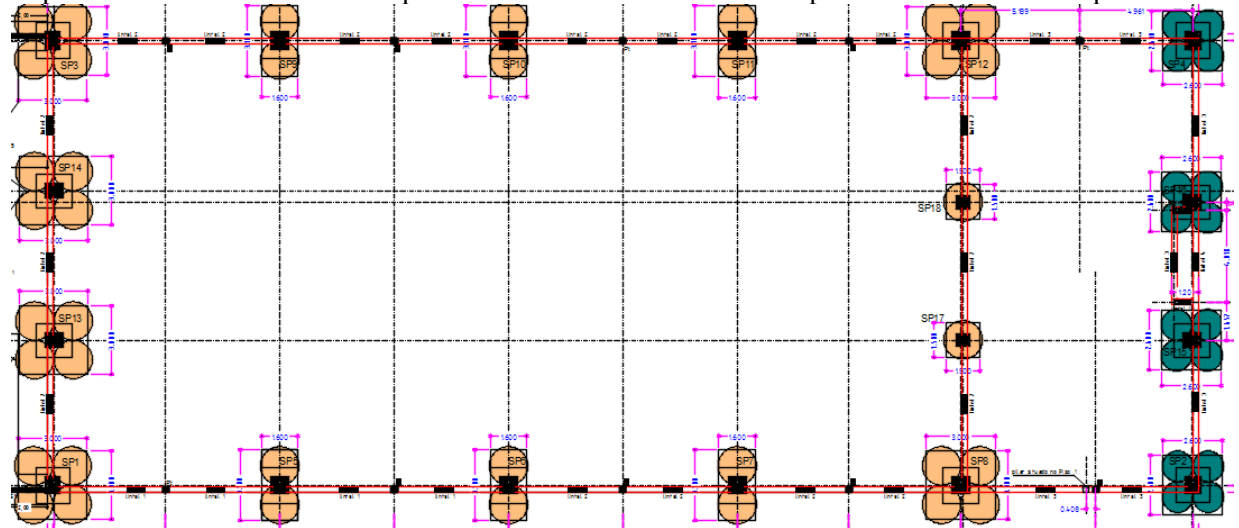


Figura 4.7 - Planta da localização dos poços na fundação do edifício

Como se pode verificar na figura 4.7 cada fundação tem um conjunto de poços em argolas, que são representados apenas o que está a cores.

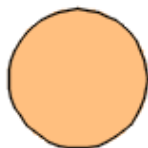
No quadro 1, apresenta-se a especificação das argolas.

Quadro 1 - Dimensões das argolas e a quantidade usada em obra

DIÂMETRO ARGOLAS		QUANTIDADE ARGOLAS
INTERIOR	EXTERIOR	
Ø1.20m	Ø1.34m	144
Ø1.50m	Ø1.68m	342



POÇOS EM ARGOLAS CIRCULARES DE BETÃO Ø1.20m



POÇOS EM ARGOLAS CIRCULARES DE BETÃO Ø1.50m

Como a empresa adjudicatária responsável pela realização da parte da estrutura de edifícios não tinha maquinaria disponível, nomeadamente para trabalhos pesados mais incidentes nas áreas de vias de comunicação, ficou a cargo do empreiteiro geral (DACOP) prestar auxílio quando tal fosse necessário. Então, antes da construção das sapatas por parte da empresa contratada foi necessário a abertura dos caboucos, colocação das argolas e a respetiva betonagem por parte da DACOP.

Em primeiro lugar e para se começar a efetuar esses trabalhos foi necessário recorrer a uma equipa de topógrafos que efetuaram as marcações dos poços bem como as profundidades necessárias a escavar.

A abertura dos caboucos para a construção dos poços betonados “in situ”, seguiu as seguintes operações:

1. As aberturas dos caboucos foram com recurso a uma retroescavadora Komatsu WB 3r, com uma profundidade média entre 3,50m a 4,50m de escavação, como se representa na figura 4.8. A terra escavada foi do tipo de terra preta com muita matéria orgânica, sendo um solo muito mole, e mau para aterro, situado numa zona com o nível freático elevado, tornando muito lamacento;

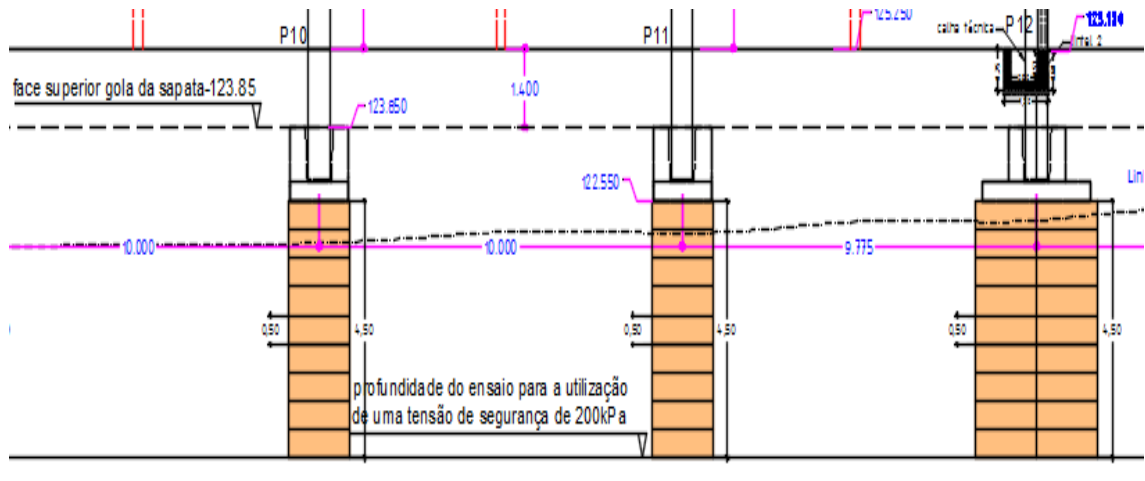


Figura 4.8 - Corte transversal dos poços do edifício

2. O transporte da terra proveniente da escavação dos caboucos que visaram a colocação dos poços, efetuou-se dentro do local da obra para o vazadouro já identificado, sendo utilizado no futuro para os arranjos exteriores necessários;
3. Uma vez aberto os caboucos, com recurso a uma giratória, foram colocadas as argolas uma a uma;
4. Cada argola colocada era preenchida por betão realizado e obra, numa autobetoneira, utilizando-se uma mistura de areia, brita cimento e água, sendo que na figura 4.9 é esquematizado os poços betonados.



Figura 4.9 - Exemplo de uma fundação constituída por 4 poços betonados

5. O processo repetiu-se para as dezoito fundações existentes.

Nos quadros seguintes são apresentados os rendimentos da equipa no tocante a construção dos poços para controlo, de forma posterior apresentar à entidade a cargo da construção com vista a estes serem debitados.

Quadro 2 - Medição da betonagem dos poços

Dias de Trabalho	Horas de Giratória	Nº de Poços	Profundidade dos Poços	Mão de Obra (exceto operador de máquina)
11	86	54	4,50m	Chefe de Equipa + Servente

Quadro 3 - Trabalhos efetuados nos poços

Dia	Nº de Poços Betonados	Horas Trabalhadas Giratória	Horas Trabalhadas Pá Carregadora	Horas Trabalhadas Betoneira	Sacos de Cimento Gastos	Mão de Obra (exceto operadores de máquina)
03/01/2017	4	5	3	5	41	Chefe de Equipa, Servente
04/01/2017	6	4	2	8	48	Chefe de Equipa, Servente
05/01/2017	10	6	1	8	69	Chefe de Equipa, Servente
06/01/2017	10	6	2	8	70	Chefe de Equipa, Servente
09/01/2017	10	6	1	8	63	Chefe de Equipa, Servente
10/01/2017	8	7	0	8	60	Chefe de Equipa, Servente
11/01/2017	6	4	2	6	56	Chefe de Equipa, Servente
Totais	54	38	11	51	407	

De referir ainda que, a utilização destes poços tem como finalidade evitar os assentamentos das sapatas, isso no pressuposto de estar em causa as condições de estabilidade do solo de fundação, bem

como a quantidade de cargas que este edifício estará sujeito. No total foram utilizadas 486 argolas de betão preenchidas no local com betão perfazendo um número de 54 poços.

Uma vez efetuada esta tarefa, a empresa responsável pela subempreitada na parte estrutural pode entrar em obra para a execução das sapatas.

Por fim, são indicados os equipamentos e as tarefas de cada um:

- Retroescavadora (na abertura dos caboucos);
- Giratória (na colocação das argolas nos poços);
- Pá Carregadora (no auxílio da betonagem);
- Autobetoneira (para fabricar o betão).

4.3.3. COLOCAÇÃO DE GEOTÊXTIL

Terminada a tarefa anterior, procedeu-se à colocação da manta geotêxtil em toda a zona a ser construída. Resumidamente colocou-se a geotêxtil na zona da rede viária (que inclui a parte do arruamento, passeios e baias de estacionamento), na zona da construção do edifício industrial, casa das máquinas, do lote pré-fabricado e a zona do muro de gabiões, que se situa adjacente ao arruamento.

A manta utilizada foi a geotêxtil poliéster 200g/m² - rolo 2,2x140m - CE não tecido, que tem a função de atuar como filtro, evitando a saída dos finos do solo aterrado, sendo esta bastante permeável à água, permitindo a drenagem dos solos, devendo ser colocada entre diferentes camadas de solo. Neste caso, entre terra preta e a camada de aterro saibroso, evitando assim a instabilidade e a sua contaminação. Com espessura de aproximadamente 2,2 mm e uma permeabilidade à água de 0,03731 m/s, sendo possível drenar cerca de 40 l/s/m².

A colocação da manta geotêxtil, com 200gr.m², em toda a zona de intervenção anteriormente definida, foi bem esticada com recurso a dois serventes e um encarregado de obra, numa área sensivelmente com 3000,40m², isso na parte dos arruamentos e baias de estacionamento. Na zona do edifício a construir foi utilizado 1492,65 m², 648 m² na parte do edifício pré-fabricado. A única exceção, onde não se aplicou manta geotêxtil, foi nas zonas onde ficaram por construir futuramente os pavilhões, nomeadamente na parte norte do terreno onde não se efetuará qualquer modificação, como já tinha sido referida.

Nas figuras seguinte (4.10), apresenta-se o local da colocação do geotêxtil na obra.

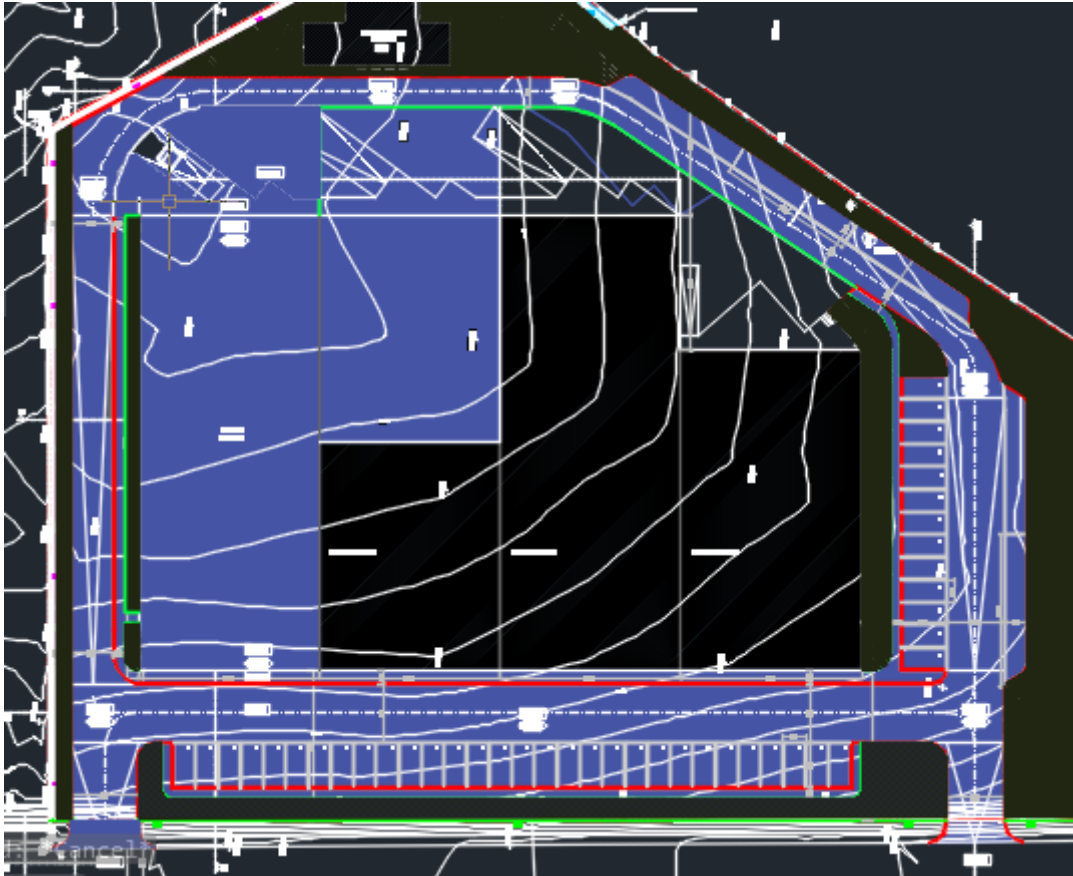


Figura 4.10 - Colocação do geotêxtil na parte das infraestruturas viárias e construção dos edifícios

A sua utilização em obra foi encomendada em rolos já referidos sendo utilizado nas áreas também já referidas e recortadas nas zonas onde foram executados os poços das fundações.

Estas foram desenrolados pelo encarregado e um servente, sendo razoavelmente fáceis de aplicar uma vez que o terreno se encontrável livre de possíveis objetos. Começou a ser aplicado pela entrada mais a norte sendo aplicado logo uma camada de brita sobre a qual depois é depositado uma pequena camada de saibro e compactado com cilindro vibratório caterpillar cs 563d, sendo o resto aplicado ao longo do arruamento e das baias de estacionamento, em redor dos futuros pavilhões, até à zona de construção das casas das máquinas e junto onde se projetou a aplicação do muro de gabiões, indo em direção a zona de entrada inicial, estendendo por todo o arruamento, baias de estacionamento e passeios. Na zona da construção do pavilhão teve-se de ter o cuidado de recortar a manta de forma a colocar junto as fundações. Teve-se de ter o cuidado de entre as emendas das mantas estendidas estas ficarem um bocado sobrepostas de forma a não se deslocarem na altura da colocação da brita graduada simples. Nas figuras seguintes esquematizam o processo construtivo da colocação da manta de acordo com o projeto indicado na figura 4.10.



Figura 4.11 - Colocação do geotêxtil na zona viária



Figura 4.12 - Primeiro aterro sobre o geotêxtil



Figura 4.13 - Colocação do geotêxtil na zona do edifício

4.4. CONSTRUÇÃO DO MURO DE GABIÕES

4.4.1. GENERALIDADES

Os muros de gabiões são estruturas de suporte, sendo que podem apresentar várias dimensões sendo os mais usuais de 2,0 de comprimento (C) por 1,0m de largura (L) e 1,0m de altura (A). Em muros de grandes dimensões as alturas devem ser menores, permitindo um aumento de rigidez e resistência. Estes devem apresentar divididos em células por diafragmas dispostos normalmente metro a metro, que são ligados ao painel de base e às duas paredes opostas. É a presença dos diafragmas que no enchimento dos gabiões aumentam a resistências destes evitando a sua deformação lateral.

A vantagem dos gabiões em muros de suporte, é que apresenta alguma flexibilidade, sendo muros drenantes e armados, o que torna a estrutura resistente mesmo em casos de elevada precipitação. Para além destas vantagens, em termos de impacto ambiental são menores sendo que podem ser coberta por vegetação.

4.4.2. CAMPO DE APLICAÇÃO EM OBRA

Uma vez que o terreno natural desce de norte para sul, com uma inclinação aproximada de 6 % , o que implica diferença de cotas entre o terreno da construção do loteamento e a Avenida da Liberdade entre 2 a 3 metros. Para nivelar o lote de construção com a estrada, foi necessário a colocação de grande quantidades de aterro, mantendo o lote industrial a uma cota razoável em relação à estrada permitindo

uma entrada e saída sem grande inclinação para os pesados, mas também evitando o alagamento do terreno já que toda a zona se encontra num vale, com muitas linhas de água existentes, sendo já um local propício a cheias.

Como se pretendia aproximar as cotas desde da estrada principal aproximando ao dos futuros arruamentos do loteamento, foi necessário a construção de um muro de gabiões com cerca de 3 metros de altura. Na parte das traseiras do loteamento existe uma linha de água junto ao muro de divisória dos outros terrenos, sendo nesse caso a linha de água numa parte a céu aberto e noutra parte enterrada. Como é lógico os terrenos normalmente têm desnível para a linha de água. Pelo que aí não é necessária a construção do muro de suporte.

Os muros de gabioes colocados em obra foram do tipo em forma de caixa, com dimensões da caixa 3x1x1 (m) já pré fabricados, com dimensões da malha hexagonal 80 x 100 (mm) e diametro do arame 2,70 (mm), em materiais de malha de fios de aço doce e recozido e galvanizado em dupla torção, amarradas nas extremidades e vértices por fios de diametro maior sendo depois preenchidos em obra por brita do tipo rachão D50.



Figura 4.14 - Localização do muro de gabiões a azul

4.4.3. PROCESSO CONSTRUTIVO DO MURO DE GABIÕES

Para a colocação do muro como a área de construção já tinha sido desmatado, procedeu-se então com recurso a um cilindro compactador do tipo de rolos, criando depois uma superfície de cerca de 10 cm, de betão de regularização, sendo colocados no local por uma pá carregadora de pneus, e depois de preenchidas cesto a cesto numa primeira fase com recurso mecânico e na fase final colocada manualmente tendo atenção que durante o preenchimento serem colocadas cofragens laterais permitindo um melhor peenchimento, quando cheios os cesto são fechados e amarrados entre si por com arame galvanizado. Os muros são definidos por diferentes níveis tendo em conta a cota do aterro e do terreno vizinho. É necessário ainda ter atenção que nunca se devem preencher na totalidade os cesto com os cestos adjacentes completamente vazios.

Uma vez executada a primeira camada, será executada uma segunda e depois uma terceira tendo em conta a implantação topográfica no projeto.

Este trabalho foi executado durante uma semana, com auxílio do manobrador de máquina na retroescavadora, um encarregado e um servente, sendo usada uma quantidade aproximada de 51,56 m³ de rachão D50.



Figura 4.15 - Construção do muro de gabiões

O muro é executado em níveis e em forma de escadaria, formando uma sapata que evita o derrube do muro com o equilíbrio das terras. Antes da colocação do aterro foi estendida a manta geotêxtil já colocado no terreno por cima do muro onde seria colocado o aterro, fazendo com que a funcionalidade do muro continue intacta, ou seja, evitando que partículas de solo entranhem no muro e não deixe que a água o atravesse.

4.4.4. ATERRO NAS ENTRADAS PARA O LOTEAMENTO

Depois da fase preliminar dos trabalhos de desmatamento, decapagem e colocação da manta geotêxtil, esta já aterrada e compactada com 50 cm de saibro devido aos condicionalismos já anteriormente explicados, seguiu-se a parte de aterro das entradas para o loteamento, de forma a permitir a entrada das máquinas necessárias assim como materiais para a obra e área de estaleiro a ser implantada. Este trabalho foi executado com recurso a camiões de eixo tandem (de diferentes capacidades de

transporte), sendo estes colocados nas entradas através da via pública. As terraplanagens foram movimentadas pela retroescavadora e compactadas por cilindro vibratório rolo liso caterpillar cs 563d a cada descarga trazida pelos caminhões. O ciclo de chegada dos caminhões teve uma duração aproximada de 1h:15 min do percurso ida e volta com acesso à zona de empréstimo (incluindo tempo de carregamento). As variações dependeram do condicionalismo de espera na pedreira e do trânsito.

Para o aterro de acesso à obra foi apenas necessário um único manobrador de máquina, que alternava entre a pá carregadora e o cilindro sendo as entradas feitas em apenas num dia.

As fases de aterro do loteamento foram executadas das seguintes forma:

- Aterro das entradas;
- Aterro nos arruamentos, baias de estacionamento e passeios;
- Aterro na zona dos edifícios a construir.

O tipo de material utilizado para aterro foi saibro, sendo rocha formada pela decomposição química do granito mais areia e é muito usual na construção civil, principalmente na área de pavimentação.

O tipo de equipamento usado nesta fase foi:

- Camiões basculantes;
- Pá carregadora de pneus (Komatsu WB 93r);
- Cilindro vibratório rolo liso (caterpillar cs 563).

4.5. TERRAPLENAGENS

4.5.1. INTRODUÇÃO

O aterro nesta obra foi executado sobre solo húmifero (também conhecido por “*terra preta*”, constituídos por grande percentagem de matéria orgânica), sendo que em nome científico na parte das terraplenagens, são solos em terraplano, bastante permeáveis e mole.

Estes aterros incluem várias operações que têm de ser realizado como:

- Extração (empréstimo);
- Carga;
- Transporte;
- Descarga e espalhamento;
- Regularização e nivelamento;
- Compactação.

Uma das fases fundamentais nos aterros da infraestruturas viárias é a compactação, sendo neste caso especial utilizado o mesmo método para o local do edifício posteriormente. A compactação tem como objetivo de expulsar a água existente nos solos aterrados e reduzir o índice de vazios. Neste caso como mais à frente é explicado os compactadores do tipo vibratório são os mais indicado para este tipo de solo, mas deve-se ter o cuidado de serem efetuados em camadas de acordo com o tipo de solo, se é utilizado em aterro, ou leito de pavimento, o estado hídrico, as condições de utilização e a classe de espalhamento e nivelamento de acordo com o LCPC.

O tipo de solo usado nos diversos zonamentos que contemplam o aterro como a parte inferior do aterro, corpo do aterro, parte superior do aterro e os espaldares, são do tipo “*saibro*” que são solos de boa qualidade para aterro.

No capítulo 5 são especificados os ensaios laboratoriais relativamente à parte dos aterros e explicados sucintamente cada um deles. Neste capítulo apenas remete ao processo construtivo de casa fase executada na obra.

4.5.2. ATERRO NOS ARRUAMENTOS

Considerando como de trabalhos iniciais a desmatção, decapagem, colocação de geotêxtil, construção muro gabiões, aterro nas entradas, passar-se-á a descrever o capítulo das terraplenagens.

Como se pode verificar na figura 4.16, o aterro utilizado nos arruamentos, baías de estacionamento e passeios indicado a cinzento, foi necessário planear a sua execução, os processos efetuados como adiante é referido. No entanto é necessário de prever as quantidades de material a utilizar, como os materiais para a execução, e os processos construtivos a efetuar.

A parte aterrar nesta fase foi a seguinte como se pode comprovar pela figura:

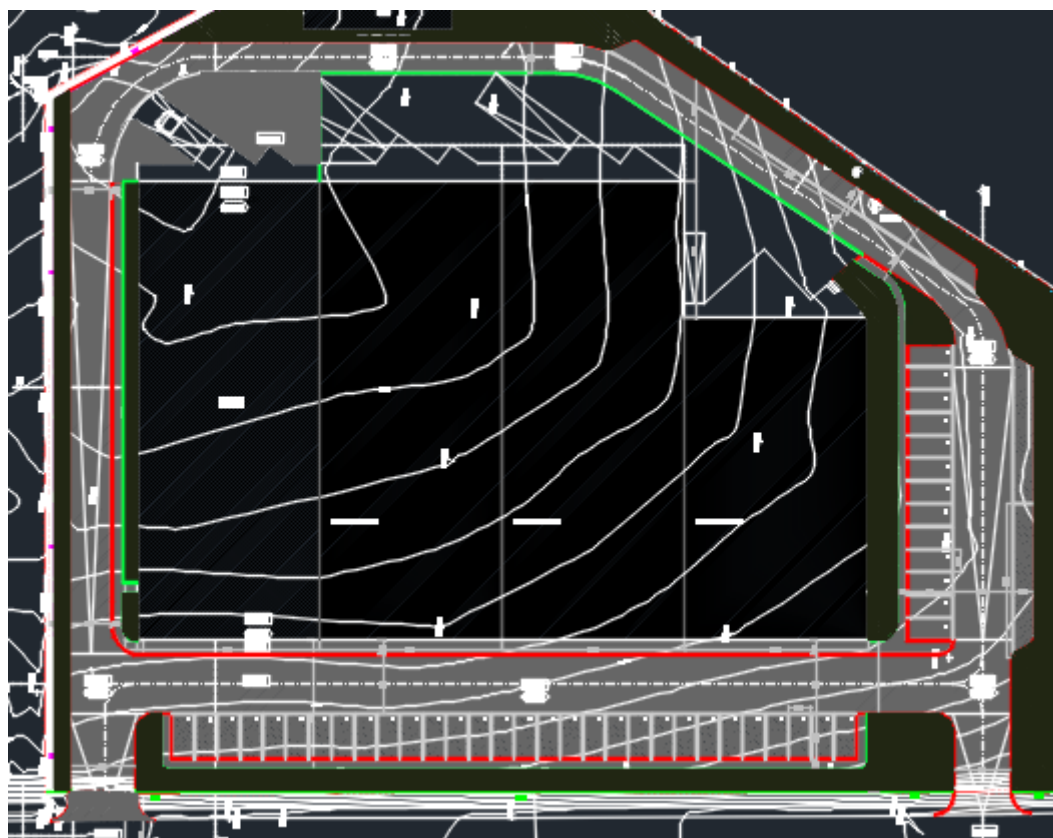


Figura 4.16 - Aterro nos arruamentos, baías de estacionamento e passeios

Sendo assim, utilizou-se o *saibro* como material para a área de aterro tendo em atenção a fraca qualidade de solo que servia como fundação, sendo a quantidade de aterro utilizado nesta obra especificado em anexo. O material de empréstimo proveio sempre da mesma pedreira situada em V. N. Famalicão, com a duração de ciclo variável de dia para dia de acordo com as condições atmosféricas, trânsito e tempo de carga e descarga. O tipo de camiões usados foi basculante e a quantidade de camiões usados por dia foram 3, sendo a capacidade de carga de cada camião diferente, e o número de cargas variável conforme as condicionantes de dia para dia.

Nas figuras seguintes apresenta-se as várias operações referentes à parte de terraplenagem.



Figura 4.17 - Descarga de saibro para aterro



Figura 4.18 - Espalhamento do aterro



Figura 4.19 - Compactação do aterro

O procedimento de descarga, espalhamento e compactação do saibro como já foi referido anteriormente, com recurso à mesma maquinaria sendo efetuado em camadas de 50 cm e compactado.

Esta operação durou 2 semanas, com dificuldades devido à precipitação dificultando muito a parte da compactação.

O processo construtivo do aterro resume-se:

- Descarga;
- Espalhamento efetuado pela pá carregadora;
- Nivelamento também efetuado pela pá carregadora (apenas a parte do leito do pavimento é que foi com recurso a uma motoniveladora);
- Compactação com recurso a um cilindro vibratório.

Em relação à classificação dos equipamentos de acordo com o LCPC, abaixo é indicado para o aterro e leito de pavimento a classificação destes e o método executado.

Considerando que o equipamento utilizado para aterro foi um monocilindro vibrador de rasto liso, com geratriz de 213,4cm, uma amplitude teórica de 2,1mm e uma carga linear estática com cabine de 42,9Kg/cm.

É possível obter a classificação deste equipamento a partir de um parâmetro $\frac{M1}{L} \times \sqrt{A0}$, para um valor mínimo de A0.

De referir ainda, que M1/L, se exprime em Kg/cm e A0 em mm

Então,

$$\frac{M1}{L} = 42,9Kg / cm$$

$$A0 = 2,1mm$$

$$\frac{M1}{L} \times \sqrt{A0}$$

$$42,9 \times \sqrt{2,1} = 62,17$$

De acordo, com o quadro abaixo podemos classificar o equipamento de compactação como um V4

Quadro 4 - Classificação dos cilindros de raso liso, de acordo com o LCPC

V1 : $(M1/L) \times \sqrt{A0}$	{ entre 15 et 25 { supérieur à 25	et A0 $\geq$ 0,6 et A0 entre 0,6 et 0,8
V2 : $(M1/L) \times \sqrt{A0}$	{ entre 25 et 40 { supérieur à 40	et A0 $\geq$ 0,8 et A0 entre 0,8 et 1,0
V3 : $(M1/L) \times \sqrt{A0}$	{ entre 40 et 55 { supérieur à 55	et A0 $\geq$ 1,0 et A0 entre 1,0 et 1,3
V4 : $(M1/L) \times \sqrt{A0}$	{ entre 55 et 70 { supérieur à 70	et A0 $\geq$ 1,3 et A0 entre 1,3 et 1,6
V5 : $(M1/L) \times \sqrt{A0}$	supérieur à 70	et A0 $\geq$ 1,6

No anexo A5 apresenta-se a tabela referente aos volumes movimentos de terra para os arruamentos.

4.5.3. ATERRO NO LOTE DE CONSTRUÇÃO

Uma vez concluído o aterro na zona dos arruamentos, procedeu-se ao aterro na parte da construção do edifício até à cota de soleira deste. O processo de aterro na parte do lote de construção foi feito de igual forma como nos arruamentos, tendo sido necessário tirar as cotas por onde é o alinhamento exterior do edifício como o cais da parte de trás para cargas e descargas, e aterrar a uma cota de 125,25m a cota de referência da parte superior, sendo que a cota da fase superior da gola da sapata é de 123,85m. No entanto é de referir ainda que todo o aterro foi executado de nível, uma vez que aqui não se trata de aterro para os arruamentos mas para um edifício. Tanto a parte de camadas compactadas como número de passagens foram exatamente iguais assim como os equipamentos usados.

De forma a verificar um nivelamento exemplar foi puxada um fio ao longo de todo alinhamento do edifício e um a passar pelo meio permitindo ao manobrador aterrar até à cota de referência.

De salientar que nesta fase procedeu-se a uma pequena quantidade de aterro para a construção das casas das máquinas, num volume transportado de 320m³.

Por isso foi necessário implementar as condições básicas de saúde pública referente ao abastecimento de água, drenagem das águas residuais, águas pluviais, negativos, redes elétricas, tanto de baixa como media tensão e rede de iluminação.

Todos estes trabalhos efetuados foram por fases e não em sequência devido a fatores da parte de construção, mais concretamente da área de estruturas na execução do pavilhão, onde foi necessário usar camiões grua de empresas exteriores, na construção das casas das máquinas, o que impossibilitou, em certos locais, a abertura de valas para a colocação das tubagens e outros trabalhos.

Para o início da implantação da rede de águas pluviais foi necessário com recurso ao aparelho de topografia marcar os pontos, da implantação das caixas de visitas e sarjetas, ou seja, dos órgãos que recebe as águas pluviais. Desta forma foi seguido inclinações das tubagens/coletores de acordo com o projetado. O mesmo foi efetuado para as restantes redes a implantar. Para evitar sobrecargas de trabalho foi este dividido em fases.



Figura 4.21 – Estação total

4.6.2. ÁGUAS PLUVIAIS

Como se pode verificar pela figura 4.22 do projeto das redes de águas pluviais, pode ser, identificado o local de destino de drenagem desta, devido ao facto desta ser toda encaminhada para esta zona por inclinação favorável do terreno, indo de encontro da linha de água existente que faz divisão do terreno, para posteriormente ser devolvida à natureza.

De salientar ainda, que a rede de águas pluviais será de extrema importância, mantendo uma boa drenagem dos arruamentos, para tal necessita de ser executada com perfeccionalíssimo em toda a sua rede como nas ligações aos órgãos de drenagem.

As caixas de areia têm como principal função a recolha das águas da caleiras dos edifícios.

É necessário ainda ter em atenção que a rede foi executada em sequência, como será abaixo indicado.

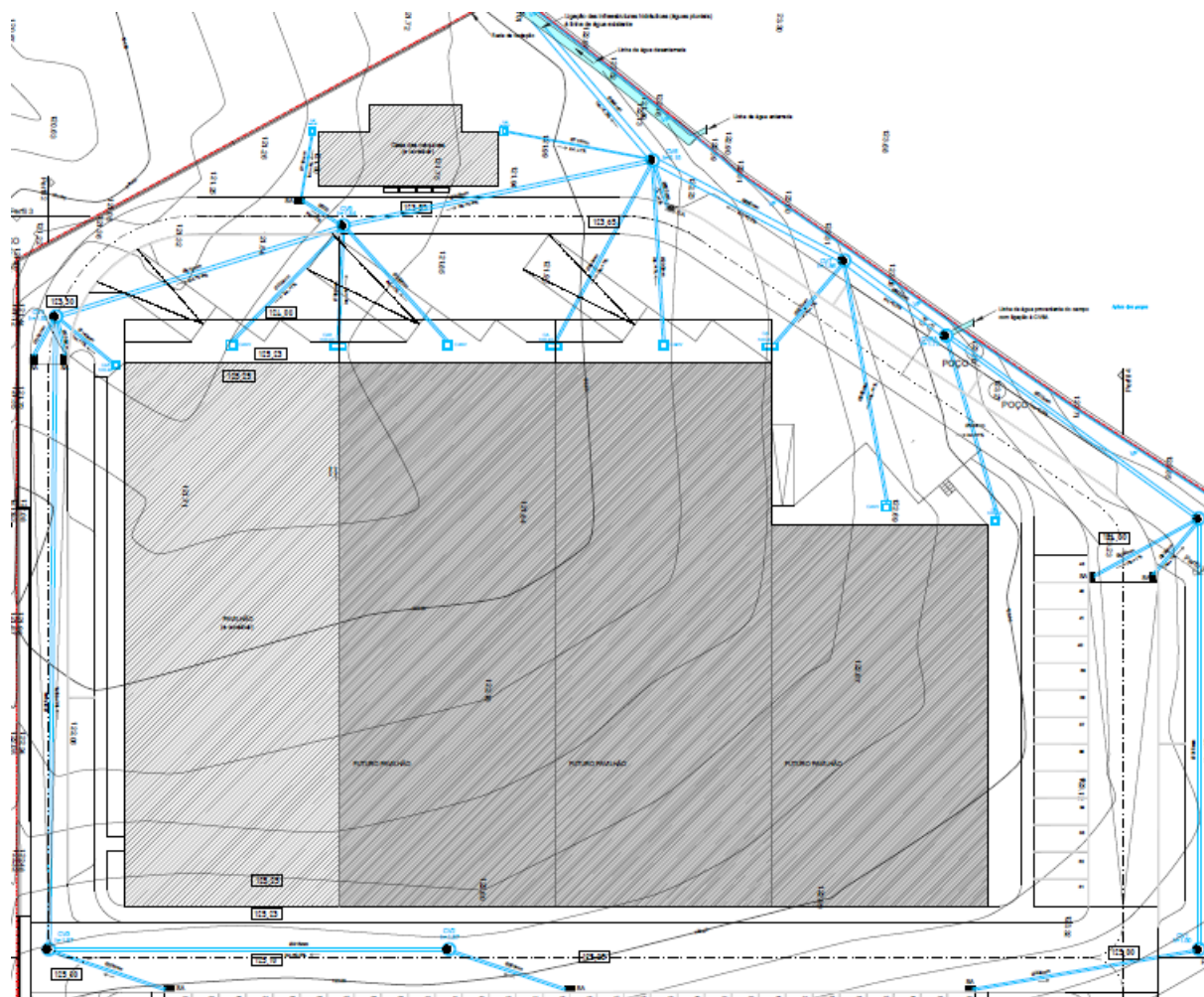


Figura 4.22 - Projeto da rede implanta das águas pluviais

Enquanto se efetuava o aterro nos arruamentos, procedeu-se à encomenda do material previsto para depois ser transportado para estaleiro, sendo o material necessário (fornecimento de tubagens e acessórios) o seguinte:

- Coletores em polipropileno SN8;

Quadro 5 - Quantidade de tubagens aplicadas

Diâmetro das tubagens (Ø mm)	Quantidades (ml)
Ø600	46,5
Ø315	206,2
Ø200	200,4

Ø140	24,6
Ø110	21,35

Nota: O fornecimento dos tubos foram efetuados em vara de 13 metros em caminhões das empresas fornecedoras.



Figura 4.23 - Tubagem em PP corrugado SN8

- Caixas de areia (0,40*0,40)m, interior e altura variável, constituída por blocos de cimento 0,15 revestidos, fundo em massame de betão, com tampa e aro em ferro fundido (4 unidades);
- Caixas de areia (1,20*0,40)m, interior e altura variável constituída por blocos de cimento 0,15 revestidos, fundo em massame de betão, com tampa e aro em ferro fundido (3 unidades);
- Caixas de areia não visitáveis (0,60*0,60)m interior e altura variável, constituída por blocos de cimento 0,15 revestidos, fundo em massame de betão, com tampa e aro em ferro fundido (4 unidades);



Figura 4.24 - Pormenores das caixas de areia executadas

- Caixas de visita simples em anéis circulares pré-fabricados com $\varnothing 1,20$ m, assentes em argamassa de cimento, incluindo tampa em ferro fundido $\varnothing 0,60$ classe DN400 tipo REXEL com dobradiças (9 unidades);



Figura 4.25 - Caixa de visitas simples

- Sarjetas em betão armado pré-fabricado com acabamento interior em argamassa, laje de fundo interior armada, incluindo grelha e caixilho em ferro fundido (9 unidades);



Figura 4.26 - Sarjetas em betão armado

A seguir é apresentado o procedimento da implantação da rede de águas pluviais e a sua sequência de execução em obra:

- Em primeiro lugar, e tendo as marcações dos locais dos nós das redes de drenagem, procedeu-se á abertura das valas em terreno de aterro já compactado. Como se referiu nas terraplenagens trata-se de saibro;
- Posterior colocação de uma almofada de areia sobre a qual se assentaram as tubagens;
- À medida que os trabalhos anteriores se desenrolaram era executada a colocação das tubagens, fizeram a colocação dos nós da rede por sequência e sequentemente, cirandagem de terras, tapamento e baldeação da terra escavada;
- Nas sarjetas efetuou-se um acabamento interior em argamassa;
- Nas caixas de visita e caixas de areia revestiu-se o fundo em massame de betão, e ligaram-se os blocos entre eles com argamassa de cimento nas caixas de areia e anéis nas caixas de visita.
- Por fim ligaram-se todas as redes de águas pluviais a uma caixa de visita com cúpula excêntrica, que tem o objetivo de drenar essa água para a linha de água natural.



Figura 4.27 - Ligação da rede águas pluviais à linha de água (Rio Pele)

O equipamento utilizado para a execução da rede de águas pluviais foram:

- Giratoria Komatsu PC 240-6 NLC;
- Mini pá carregadora, Komatsu SK714 bobcat;
- Compactador de solo;

- Equipamento de serventia.



Figura 4.28 - Equipamentos utilizados para execução dos trabalhos

É de salientar ainda que ocorreu trabalhos não previstos, nas reuniões com o Dono de Obra, que ocorria conforme avançava as obras, e chegou-se à conclusão que por motivos de segurança a colocação de mais duas sarjetas nos arruamentos, nas zonas com maior probabilidade de acumulação de água.

4.6.3. ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A implantação da rede de abastecimento de água, tem algumas particularidades diferentes das outras redes, como nos diâmetros da tubagem, a necessidade de muitos acessórios, assim como tubagem separada para a rede de incendio. A forma como os tubos são colocados de acordo com o projeto são idênticos, formando uma sequencia logica dos trabalhos.

No entanto como a Avenida da Liberdade não tem rede de abastecimento, nem de saneamento, logo foi necessário fazer a ligação entre a rua de Rabuços adjacente à Avenida, atravessando um terreno agrícola pertencente ao Dono de Obra, e efetuando a travessia da Avenida para o loteamento. No local da ligação da rede pública é necessário fazer duas ligações uma para a rede de abastecimento e outra para a rede de incendio, sendo depois encaminhada por uma vala junto pelo limite do terreno para no futuro evitar interferências com possíveis obras no terreno, atravessando a Avenida e distribuída de acordo com o projeto pelo loteamento.

Na figura seguinte podemos observar de acordo com o projeto como será feita a ligação da rede de abastecimento de água, e da rede de incendio à rede pública, assim como a travessia pelo terreno do Dono de Obra, acima referido até à Avenida da Liberdade onde depois foi encamisado por um tubo de Ø200mm com o objetivo de proteger as tubagens.

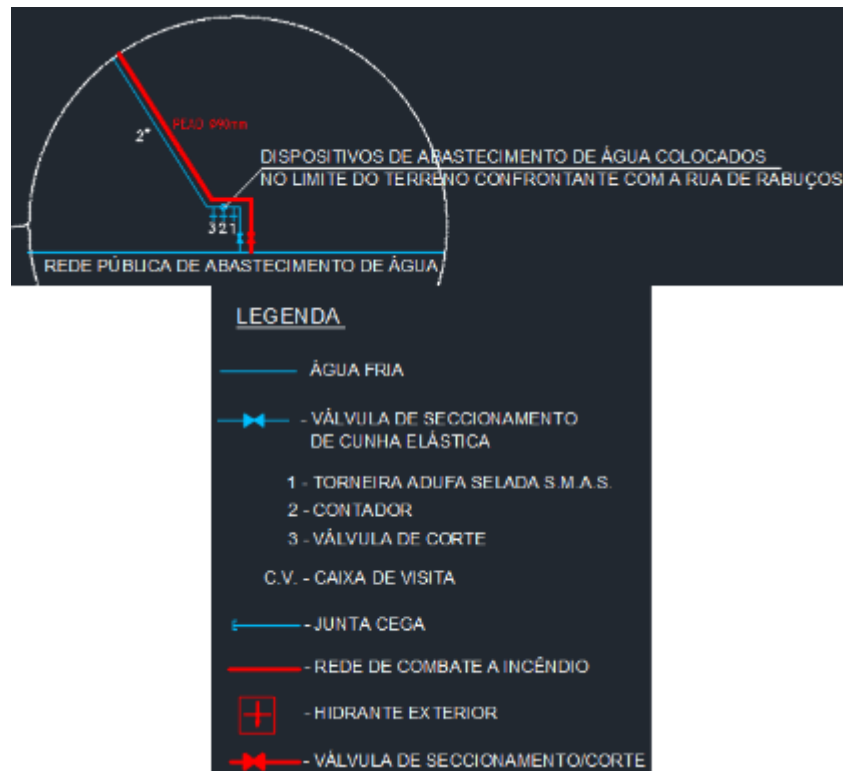


Figura 4.29 - Projeto da ligação da rede de abastecimento de água à rede pública

Sempre que projeto indique as redes lado a lado, as mesmas foram encaminhadas na mesma vala, sendo a tubagem de abastecimento mais em baixo, e a da rede de incendio mais em cima com uma distância regulamentar a ser cumprida.

Foram instaladas duas juntas cegas uma na zona dos futuros pavilhões a construir e outra junto à casa das máquinas para no futuro se for necessário fazer ligação a esta.

Na figura seguinte 4.30 é representado o projeto de abastecimento de água e rede de incêndios.

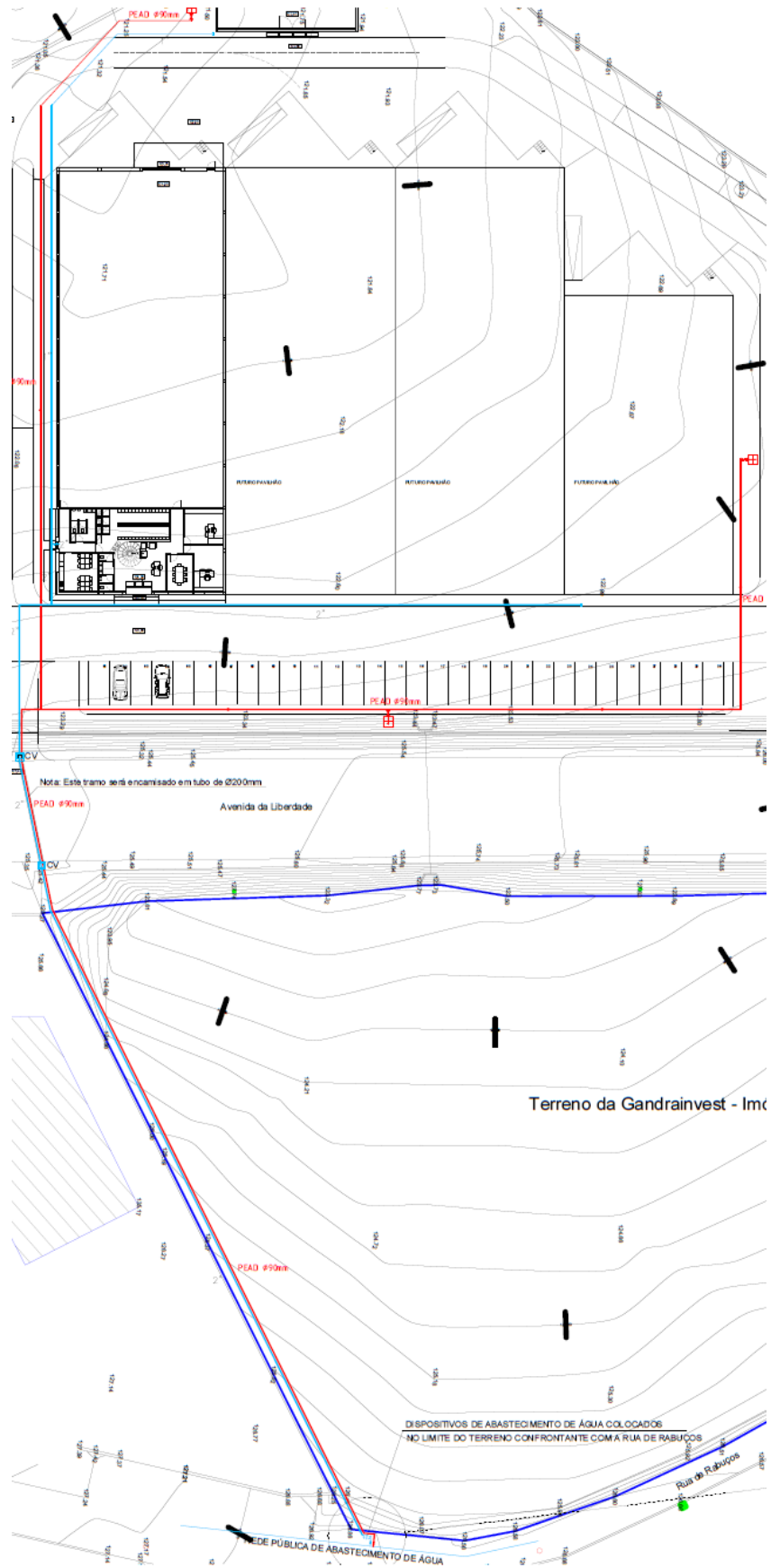


Figura 4.30 - Projeto da rede de abastecimento de águas

O material encomendado de tubagens e acessórios foram os seguintes:

- Tubagem em PVC 10 classe 10kg/cm²;

Quadro 6 - Quantidade de tubagens aplicadas

Diâmetro das tubagens (Ø mm)	Quantidades (ml)
Ø32	74,7
Ø50	7,2
Ø63	192,6

- Tubagem da rede de incêndio armada;

Quadro 7 - Quantidade de tubagem usada na rede de incêndio

Diâmetro das tubagens (Ø mm)	Quantidades (ml)
Ø90	317



Figura 4.31 - Tubagem de abastecimento de água em PVC

- Válvulas seccionamento de cunha elástica, incluindo maciços de betão simples, campânula, cabeça móvel e respetivos acessórios de ligação (4 unidades);



Figura 4.32 - Cabeça móvel e acessórios de ligação

- Marcos de incêndio completo, incluindo chaves de manobras do tipo “Pont Mousson” ou “Bayard” (3 unidades);



Figura 4.33 - Marco de Incêndio

- Junta cega de 63mm e 32mm;



Figura 4.34 - Junta cega

A seguir é apresentado o procedimento da implantação da rede de abastecimento de água e a sua sequência de execução em obra:

- Em primeiro lugar, e tendo as marcações efetuadas, procedeu-se à abertura das valas em terreno do tipo saibro já compactado devidamente;
- Posterior colocação de uma almofada de areia antes da colocação das tubagens e sequentemente, cirandagem de terras, tapamento e baldeação da terra escavada;
- Abertura e colocação da tubagem a partir da ligação da rede publica, percorrendo o terreno agrícola até à Avenida da Liberdade até à zona da rua com abastecimento de água;
- Ligação da rede de abastecimento para duas zonas de acordo com o projeto assim como a rede de incendio onde foi implantado três marcos;
- A ligação da rede de abastecimento do edificio até à casa das maquinas foi efetuado em diâmetro de 32mm, em vez dos 63mm para a ligação aos pavilhões.

Relativamente ao equipamento de apoio nesta tarefa foi o seguinte:

- Giratoria Komatsu PC 240-6 NLC;
- Mini pá carregadora Komatsu SK714 bobcat;
- Compactador de solo;
- Equipamento de serventia,

4.6.4. REDE DE DRENAGEM

A implantação da rede de drenagem teve a colocação de um grupo de bombagem como a maior dificuldade na sua execução. Só foi necessário a colocação de ramais, no local junto aos escritórios dos pavilhões, logo apenas no arruamento principal foi necessário a colocação de coletores de drenagem assim como duas caixas de visitas, sendo depois através de um grupo de bombagem instalado numa das caixas de visita, efetuado o atravessamento da Avenida da Liberdade para fazer a ligação à rede pública como foi efetuado com a rede de abastecimento de água.

A parte da travessia da Avenida foi encamisada no mesmo tubo de proteção da rede de abastecimento de água, ou seja em tubagem de 200mm.

As caixas de ramal foram colocadas nos passeios e ligadas até ao coletor principal que liga a uma caixa de visita onde foi instalado um grupo de bombagem. Como a partir daqui o saneamento é bombeado por consequência o diâmetro do tubo ser inferior a jusante do que a montante, o que não acontece quando é por gravidade. Todas as cotas e inclinações dos coletores cumpriram as normas regulamentares de acordo com o projetista.

Na figura 4.35 abaixo indicada podemos entender melhor a rede de drenagem.

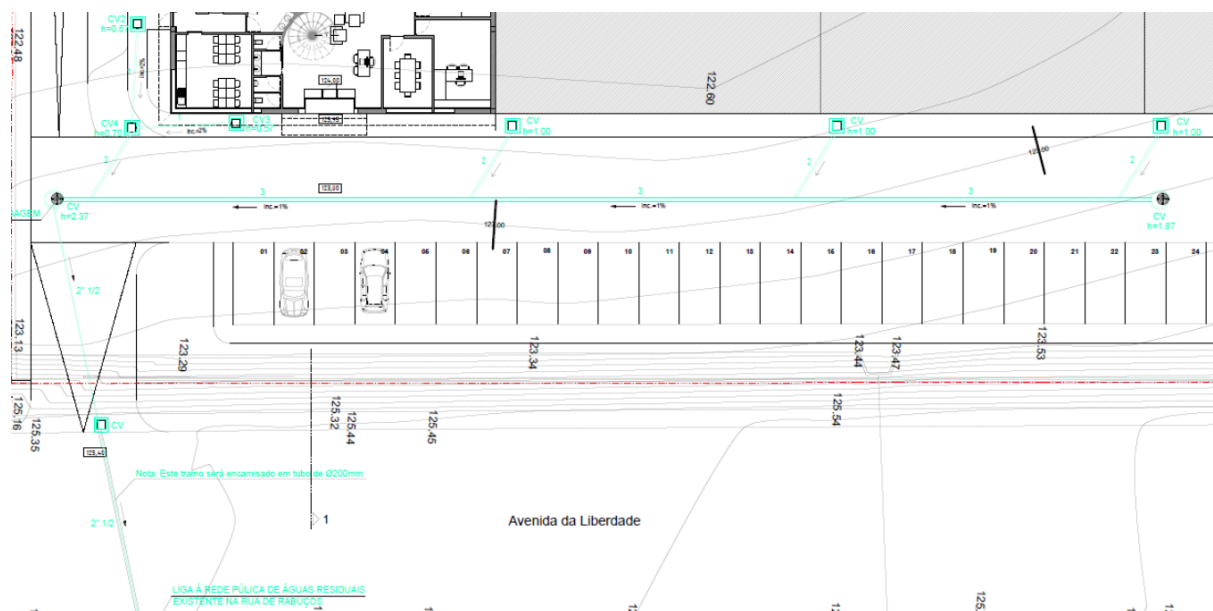


Figura 4.35 - Projeto da rede de drenagem

O material encomendado de tubagens e acessórios foi o seguinte:

- Coletor em polipropileno SN8;

Quadro 8 - Quantidade de tubagens aplicadas

Diâmetro das tubagens (Ø mm)	Quantidades (ml)
Ø110	11,7
Ø125	20,9
Ø200	67,2

Nota: O fornecimento do tubo é feito em varas de 6 a 13 metros.

- Tubagem do poço de bombagem até à rede pública em PEAD PN10;

Quadro 9 - Quantidade de tubagem poço bombagem à rede pública

Diâmetro das tubagens (Ø mm)	Quantidades (ml)
Ø90	114,8

- Caixa de visita simples em anéis circulares pré fabricados com $\varnothing$ 1,20 m, onde será colocado o grupo de bombagem para elevar as águas residuais à rede pública, assente em argamassa de cimento. Inclui tampa em ferro fundido $\varnothing$ 0,60 classe D400 conforme NP EN 124 com inscrição saneamento (para aguentar cargas de 7 ton.) e degraus interiores em ferro fundido, segundo a NP 883 (1 unidade);
- Caixa de visita simples em anéis circulares, pré-fabricado com $\varnothing$ 1,20 m, assente em argamassa de cimento. Inclui tampa em ferro fundido $\varnothing$ 0,60 classe D400 conforme NP EN 124 com inscrição saneamento (para cargas de 7 ton.) e degraus interiores em ferro fundido, segundo a NP 883 (1 unidade);



Figura 4.36 - Caixa de visita simples

- Caixa de visita exteriores de secção interna (0,6*0,6)m e de altura variável, com paredes em blocos de cimento de 0,15m, soleira de betão armado com 0,10m de espessura e execução de meias canas, laje em betão armado com 0,15m de espessura, tampas em ferro fundido com vedação hidráulica, rebocadas e ceresitadas no interior (6 unidades);



Figura 4.37 - Caixa de visita de ramal

- Duas caixas de visita uma antes e depois da travessia da Avenida, de forma a facilitar uma possível reparação da tubagem;
- Grupo de bombagem tipo “Efaflu”, modelo: TRFF211R-2866, incluindo todos os acessórios e ligações.

Relativamente ao processo de implantação da rede de saneamento será apresentado a seguir como foi executado:

- Em primeiro lugar, e tendo as marcações dos locais dos órgãos de drenagem, procedeu-se à abertura das valas em terreno do tipo saibro já compactado devidamente.
- Posterior colocação de uma almofada de areia antes da colocação dos coletores e sequentemente, cirandagem de terras, tapamento e baldeação da terra escavada.

NOTA: Estes dois pontos refere-se à parte de movimentação de terras relativamente à rede de drenagem.

- A sequência da implantação da rede foi a seguinte;
- Colocação das caixas de visita no local dos passeios onde foi ligado do edifício da parte interior até à parte exterior;

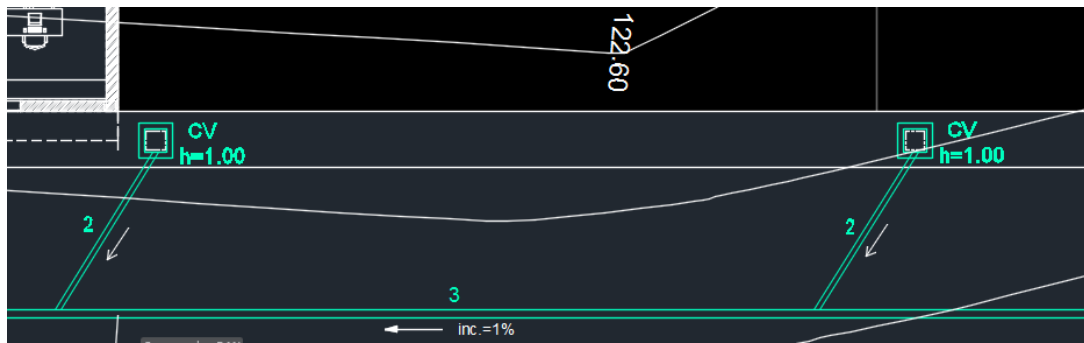


Figura 4.38 - Localização das caixas de ramal no passeio e as respectivas ligações ao coletor

- Como o edifício principal, tem uma maior área de escritórios, foi projetado e construídos dois ramais que foram depois recolhidos num só ramal visitável, antes da ligação ao coletor principal;

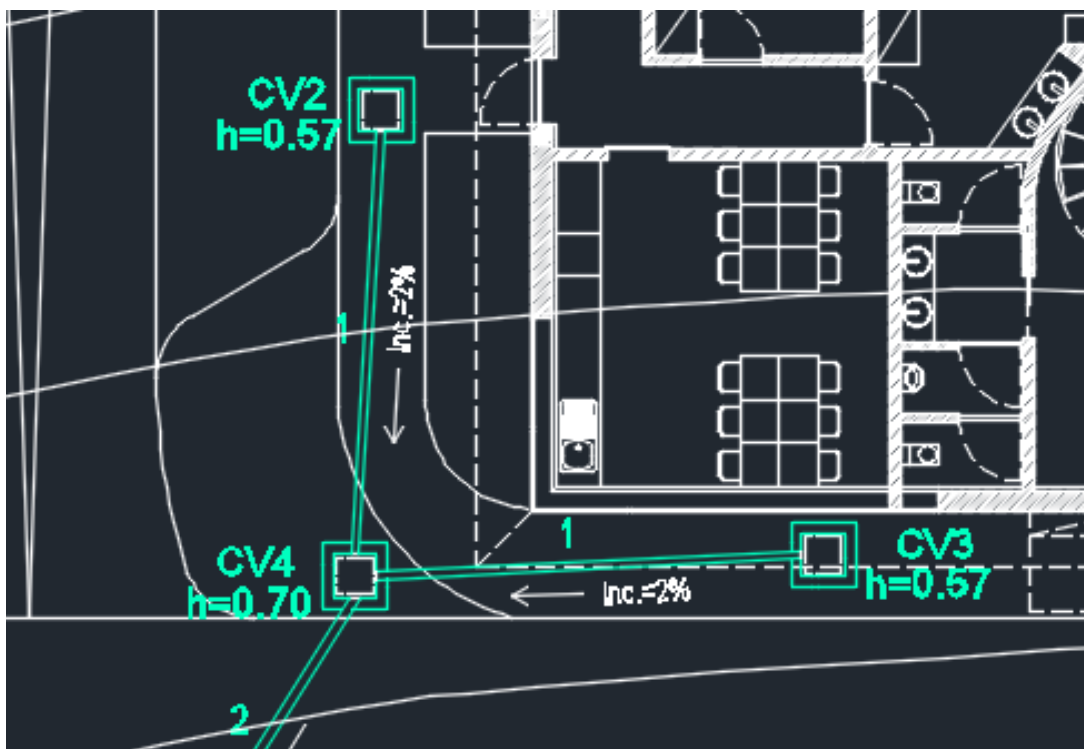


Figura 4.39 - Caixas de ramal do edifício principal

- Ligação dos ramais ao coletor principal;
- Ligação do coletor principal ao grupo de bombagem;

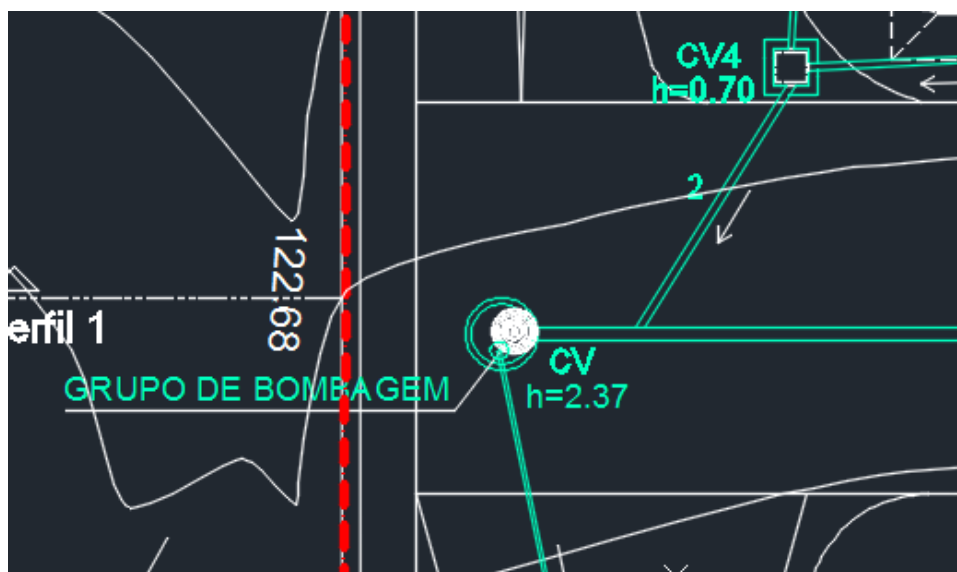


Figura 4.40 - Ligação do coletor ao poço de bombagem

- Do grupo de bombagem atravessa pelo mesmo negativo do abastecimento de água e depois em paralelo ao abastecimento de água pelo terreno agrícola cumprindo as normas até à ligação à rede pública.

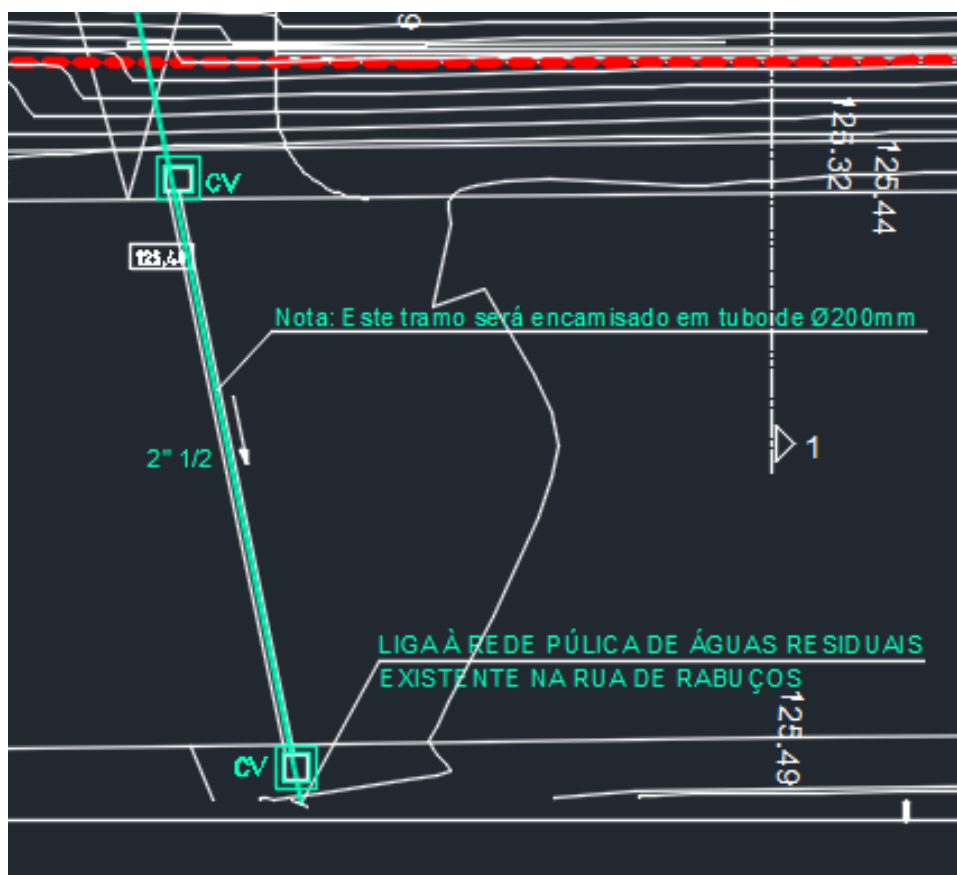


Figura 4.41 - Travessia da rede de bombagem

Relativamente ao equipamento de apoio nesta tarefa foi o seguinte:

- Giratoria Komatsu PC 240-6 NLC;
- Mini pá carregadora Komatsu SK714 bobcat;
- Compactador de solo;
- Equipamento de serventia,

4.6.5. REDES DE MÉDIA/BAIXA TENSÃO, ILUMINAÇÃO EXTERIOR E TELECOMUNICAÇÕES

Como é normal em obras de construção onde inclua edifícios e ligações a zonas povoadas, não é só as redes anteriormente faladas que são necessário para um simples bom funcionamento. Por vezes esquecemos que por baixa das vias urbanas também existem as redes elétricas/telecomunicações/gás, etc. Aqui também explica-se de uma forma resumida como estas redes foram ligadas ao loteamento e a sua execução para um melhor entendimento.

A casa das máquinas na parte elétrica tem um comportamento fundamental, para a manutenção e o bom funcionamento das redes de iluminação exteriores como interiores. Nele ficaram instalados vários elementos necessários para o funcionamento da zona industrial, bem como a ligação de ar comprimido aos edifícios.



Figura 4.42 - Casa das máquinas

Aqui a casa das máquinas ficará dividida em duas partes. Uma parte pequena de onde vem a rede de média tensão e onde ocorrerá as transformações necessárias no PT (posto de transformação) e outra o restante. Mais à frente como se apresenta a rede de média tensão a partir de um poste público da EDP, é encaminhada até à casa das máquinas onde no quadro geral é transformada para rede de baixa tensão a fornecer ao loteamento.

4.6.5.1. Rede média tensão

O facto de no terreno do Dono de Obra, se situar um poste de média tensão, facilitou a ligação da rede à casa das máquinas. Para tal foi necessário formalizar um pedido à EDP, a solicitar autorização de

ligação até à casa das máquinas onde se situa um quadro geral do PT. Foram implantados 5 caixas de visita MT desde do poste até ao quadro geral, por onde serão encaminhados os fios elétricos dentro de tubos PEAD Ø160mm, e sinalizados cerca de 20cm acima da vala onde estão situados. Essas caixas de visita servem para sinalizar o percurso da rede, assim também para possíveis avarias que possam ocorrer e necessitar de manutenção ou aumento do número de fios.



Figura 4.43 - Caixas de visita rede média tensão

4.6.5.2. Rede baixa tensão

A partir da caixa das máquinas, saem dois tubos PEAD, um de diâmetro 160mm e outro de 110mm, para o quadro geral localizado no interior do edifício construído. A partir desse quadro é transferida toda a energia de baixa tensão necessária para o loteamento, incluindo para os portões como para os postes de iluminação como é esquematizado nas figuras 4.44 e 4.45.

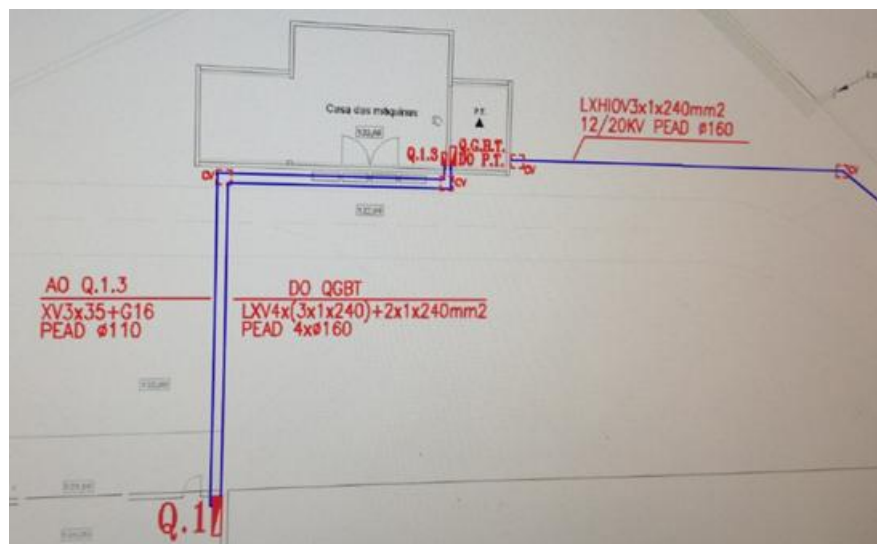


Figura 4.44 - Ligação da rede de média tensão da casa das máquinas ao edifício principal

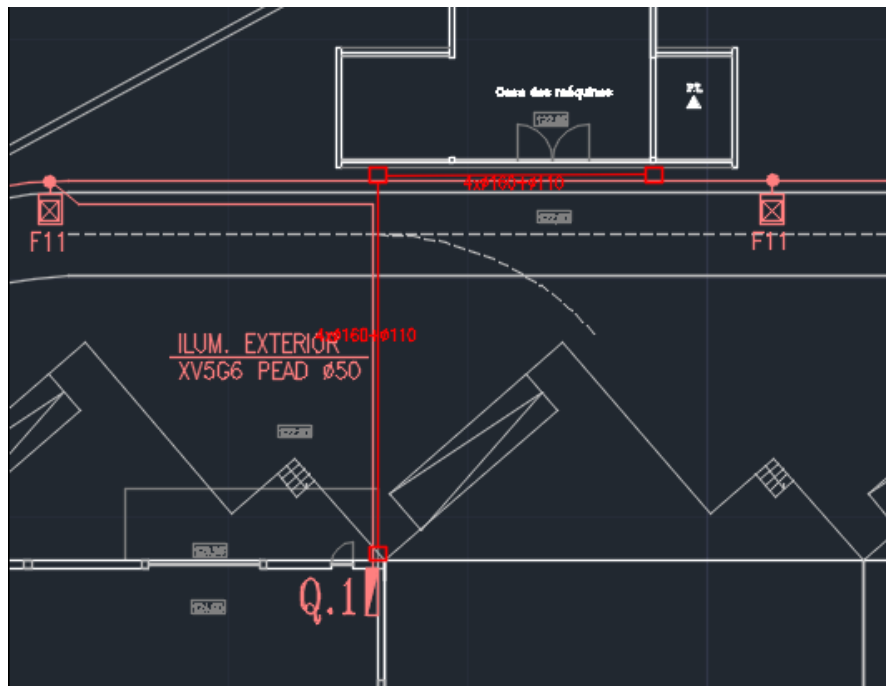


Figura 4.45 - Projeto da rede de baixa tensão

4.6.5.3. Rede de iluminação exterior e telecomunicações

A partir do quadro 1, instalado no edifício principal e único construído nesta fase, a rede de baixa tensão é distribuída ao longo do loteamento, para fazer a ligação aos postes de iluminação dos arruamentos, como também para o grupo de bombagem, barreiras e portões da zona industrial.

Relativamente à parte das telecomunicações, esta apenas foi ligada depois do prazo da duração do estágio, estando previsto como normalmente a colocação de uma caixa de telecomunicações no arruamento principal.

4.7. INFRAESTRUTURAS VIÁRIAS

Estes dois últimos sub capítulos que serão relatados de forma rigorosa, têm como base a engenharia viária. Nesta parte o estagiário teve um contacto aprofundado, percebendo e aprendendo a passar do projeto viário para a implantação na obra em si. Por muitas vezes que se possa ler e rever o projeto que se tem em mãos, é quase impossível passar a informação do papel para a realidade sem ter um contacto visual com a obra.

É preciso passar essa informação, indo à obra e planeando por onde se irá começar os trabalhos. Sendo importantíssimo seguir o projeto, por vezes, é impossível passar para a realidade o que estava projetado. Nesse caso é necessário transmitir as informações ao projetista, que depois em conjunto com o Dono de Obra, se decidirá as alterações a efetuar.

O seguimento da evolução da obra principalmente nesta área, permitiu ao estagiário numa primeira análise, aprender o tipo de materiais a utilizar na via, e como se enquadra os lancis, com os passeios e as baias de estacionamento. A interação dos lancis interiores com os exteriores foi um fator importante, percebendo as suas importâncias. A parte mais importante foi a implantação destes. Com recurso ao trabalho topográfico, permitindo saber os locais a implantar.

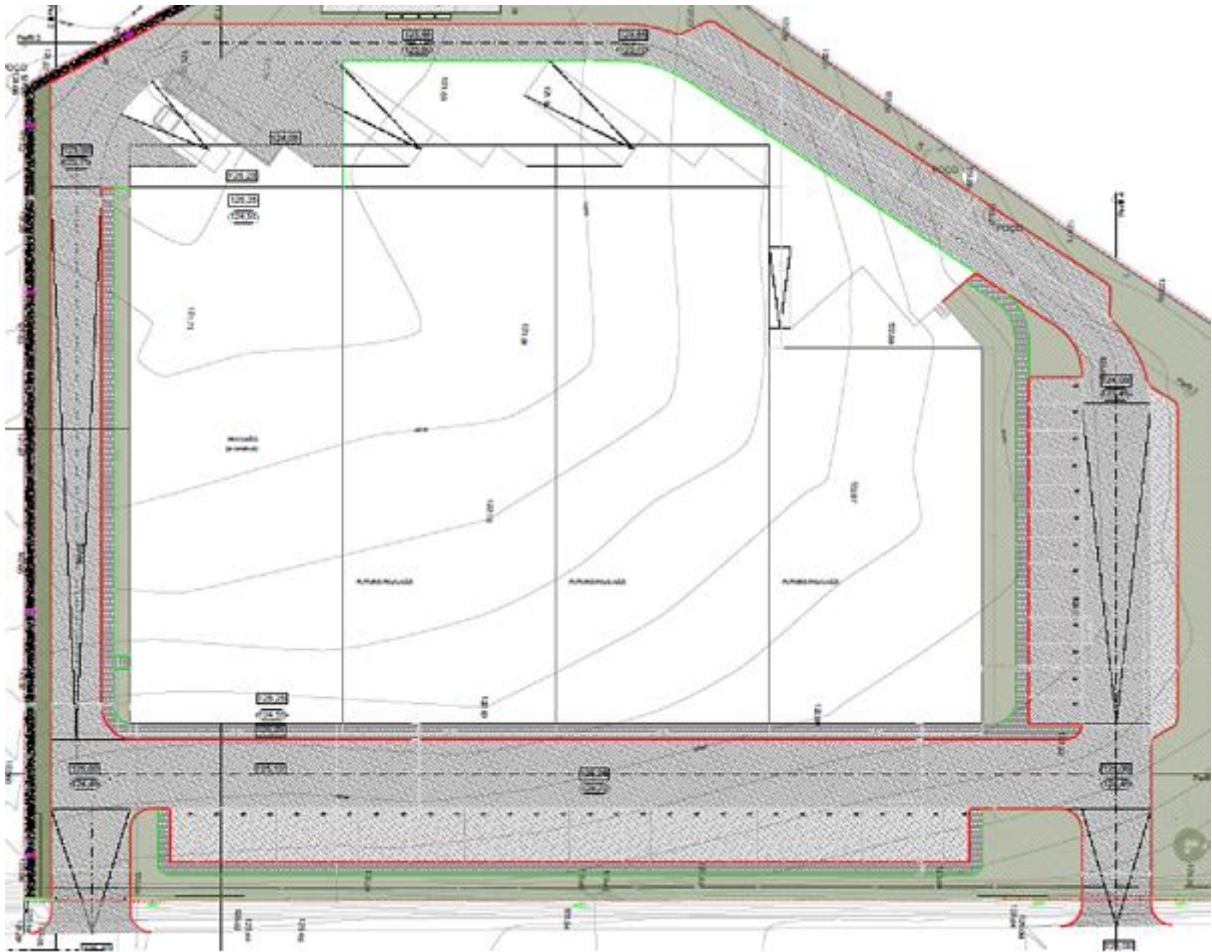


Figura 4.46 - Projeto da rede viária

Na figura 4.46, como é esquematizado a vermelho refere-se às guias em betão de 1000*250*150mm, enquanto as verdes são de dimensões 1000*250*80mm.

Os lancis interiores por serem de menor dimensão e resistência em relação aos de maior espessura têm como função demarcar ou rematar diferentes pavimentos como por exemplo entre as zonas ajardinadas e os passeios, entre arruamentos em betuminoso e em cubo (neste último caso em estradas de pouco tráfego) e também entre o arruamento e as zonas de baías de estacionamento. Além do seu funcionamento estrutural serve como um fator estético, de segurança sendo fácil aplicação com elevado rendimento.

Nesta obra em particular os lancis interiores utilizados foram de betão com dimensões (1000*250*150mm), num total 274,80 metros lineares (ml).

Relativamente aos lancis exteriores, ou seja, aos que estão em contacto com os arruamentos, para além das funções, são mais resistentes às forças permitindo uma melhor segurança aos peões que se deslocam no passeio, mas também servem para guiar até onde é colocada a camada de desgaste pela presença de marcas a que se chamam *frisos*.

Nas figuras 4.47 e 4.48 são apresentados os dois tipos de lancis utilizados em obra.



Figura 4.47 - Lancis de 1000*250*150mm



Figura 4.48 - Lancis de 1000*250*80mm

Em seguida será apresentado a sequência da execução dos lancis assim como as zonas referentes aos passeios:

- A colocação dos lancis decorreu já numa fase final dos trabalhos viários, em simultâneo com a construção do pavilhão. Para se evitar uma sobreposição dos trabalhos na mesma zona evitando conflitos de máquinas e interrupções de trabalhos que pode por em causa o rendimento da equipa, optou-se pela colocação das guias nas zonas onde não ocorriam mais trabalhos;
- De salientar ainda que na figura seguinte onde é apresentado a sequência dos trabalhos, os trabalhos de colocação das diferentes guias ocorreram na mesma fase evitando que se perca rendimento.

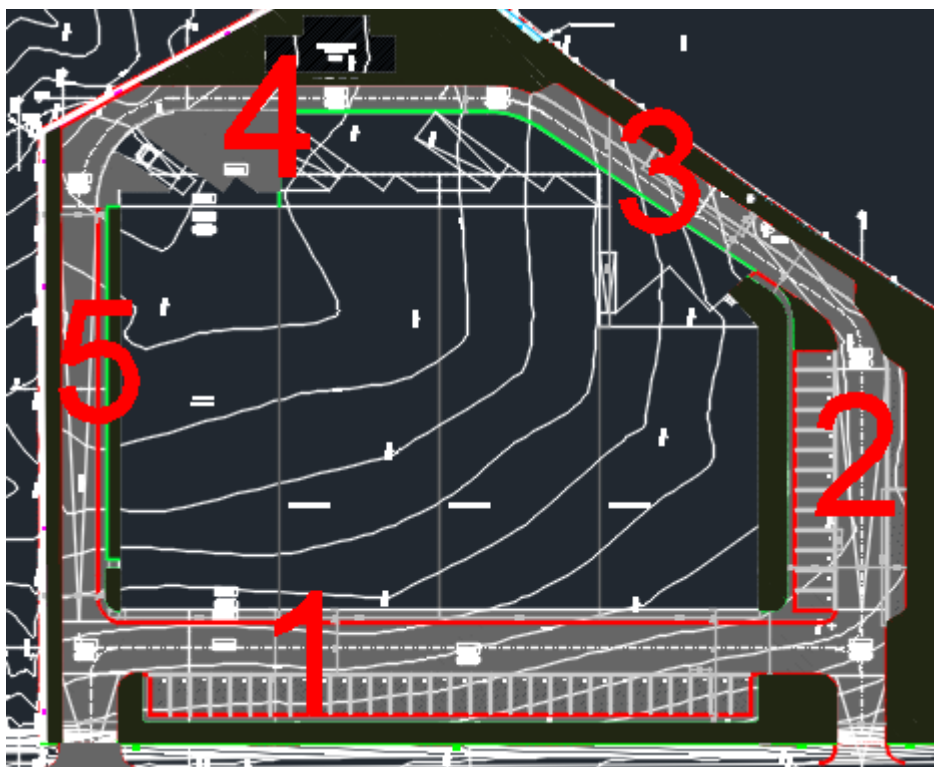


Figura 4.49 - Sequência da construção das guias e por fim do pavimento

Em seguida será esquematizado o processo construtivo da implantação das guias:

- Marcação dos pontos através das coordenadas geográficas para colocação dos lances de acordo com o projeto com as respectivas cotas do pavimento devidamente assinalados;



Figura 4.50 - Pormenor da implantação e nivelamento dos pontos para a colocação em obra

- Fabrico de betão com recurso a autobetoneira, onde é colocado cimento, areia e brita;



Figura 4.51 - Materiais para o fabrico de betão e equipamento

- Antes da colocação do betão, o encarregado através dos ferros já marcados e com as respetivas cotas, alinha com recurso a um fio de forma a implantar os lancis no local correto, nivelados e à cota do projeto;



Figura 4.52 - Assentamento dos lancis

- Colocação de betão no local a assentar os lancis com recurso à autobetoneira;



Figura 4.53 - Colocação do betão para assentamento dos lancis

- Por fim Assentamento dos lancis e o respetivo alinhamento consecutivo entre eles;



Figura 4.54 - Nivelamento dos lancis

4.8. PAVIMENTAÇÃO

4.8.1. INTRODUÇÃO

Como já foi referido no Capítulo 1, foi necessário a criação de uma plataforma de forma a substituir as estradas já existentes que eram de *terra batida*, por uma estrutura com boa resistência, bom coeficiente de aderência e com capacidade impermeabilizadora. A estas estruturas designadas *pavimentos*, são estruturas laminares, estratificadas e apoiadas por um solo de fundação.

Relativamente aos tipos de pavimentos estes são classificados em três, sendo o mais usual o pavimento flexível, o pavimento rígido e o pavimento misto.

Sendo o pavimento rígido mais durável e resistente às cargas, uma vez que é constituído por um laje de betão ao contrário dos flexíveis, normalmente incluindo só duas camadas uma a própria laje e outra de ligação da laje à fundação, e sendo vantajoso para zonas mais quentes do que o flexível, são de muito mais difícil execução e acarretam elevados custos devido à quantidade de betão necessário. Quanto aos flexíveis apesarem de serem normalmente efetuados por mais camadas como a sub-base, base e desgaste, com estas camadas a serem constituídas por agregados e betume, sendo este composto derivado do petróleo por processos de destilação, mais barato do que o betão, o que torna esta execução mais económica, mais fáceis de executar e sendo ainda que proporciona às camadas uma melhora aderência aos veículos.

Como nos flexíveis o *betume*, é bastante mais económico porque provem de propriedades de origem petrolífera que são “rejeitados” pelas petrolíferas em Portugal (compostos químicos de misturas de hidrocarbonetos), sendo bastante mais económico neste caso, aproveitando este material.

Na execução desta obra o tipo de pavimento a ser executado foi flexível, como a seguir é esquematizado o projeto a executar e o processo construtivo.



Figura 4.55 - Pavimento flexível e pavimento rígido

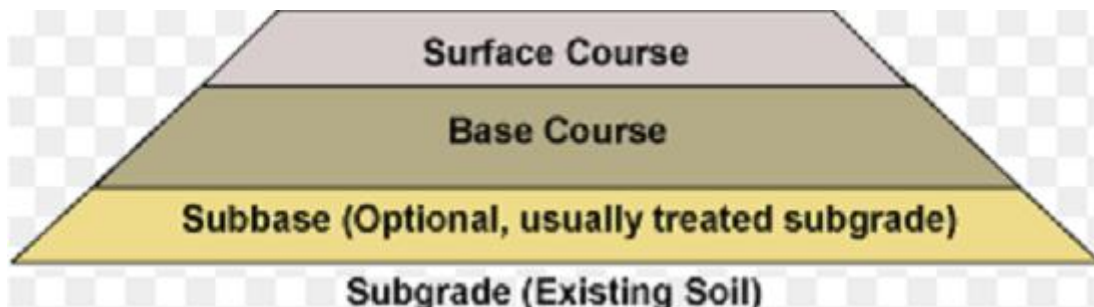


Figura 4.56 - Estrutura de um pavimento flexível (Russel, 2011)

4.8.2. PROJETO DOS ARRUAMENTOS A EXECUTAR

Na execução da construção deste loteamento, e sendo já referido as fases anteriores executadas, excluindo a parte da execução do edifício industrial que faz parte de outro empreiteiro e que nada tem de relevante para a área em questão, sendo a pavimentação esta a ultima parte a executar da obra. Aquando da conclusão destes trabalhos apenas ficarão por ficar concluídos a execução do edifício sendo que a parte estrutural (vigas, pilares) deste já foi implantada. De salientar ainda que durante a realização deste estágio apenas a pavimentação ainda não tinha sido executada sendo só efetuada a camada sub-base, e base relativamente à camada granular, sendo que para as restantes camadas serão

apresentados os processos relativamente a estes, sendo que no capítulo 5 é apresentado a execução do ensaio para determinação da percentagem de betume.

Na figura 4.57 é esquematizado a parte dos arruamentos e baías de estacionamento que serão pavimentadas.

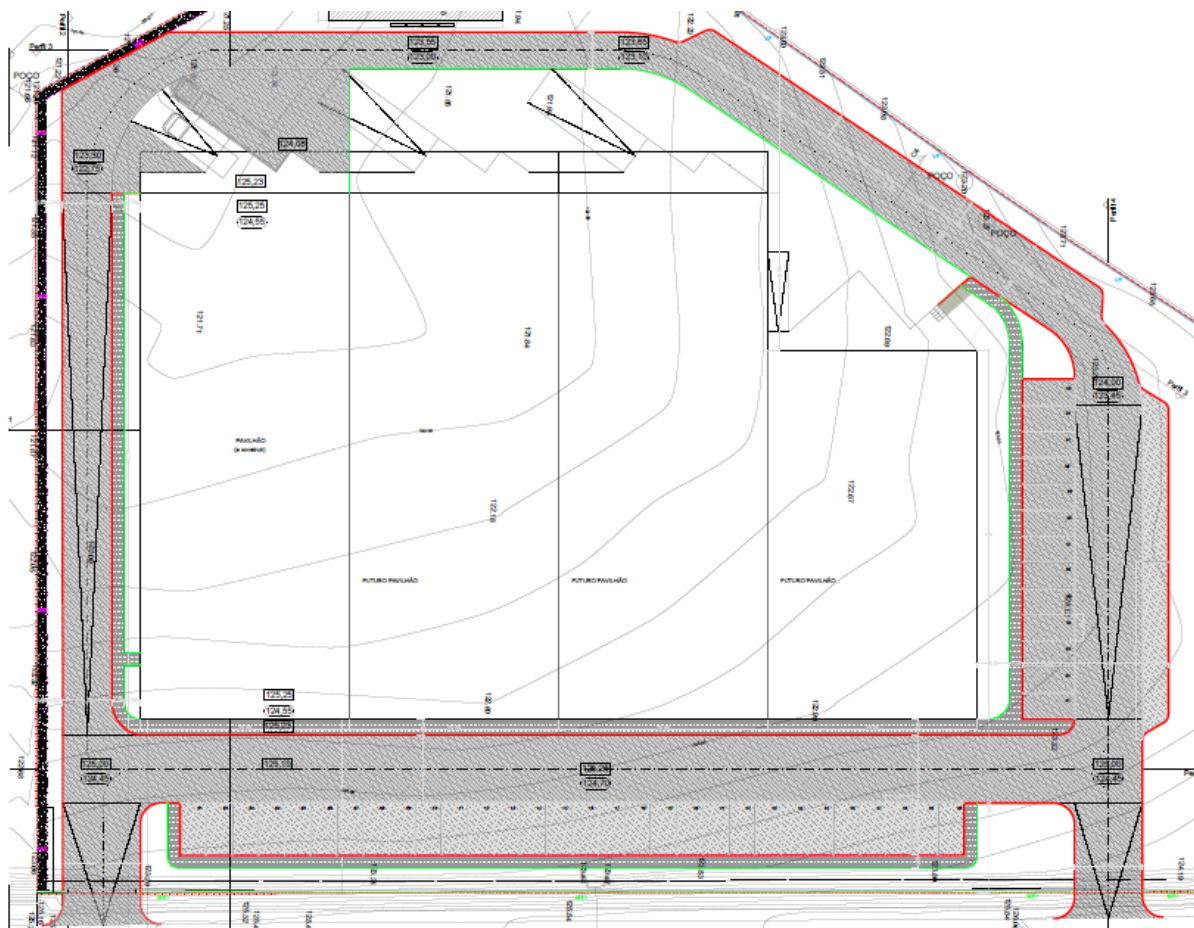


Figura 4.57 - Arruamento pavimentados

Sendo o solo de fundação de boa qualidade (*saibro*) já especificado neste mesmo capítulo, foi definido em projeto que as camadas dos arruamentos serão diferentes das baías de estacionamento, uma vez, que os arruamentos terão tráfego de pesados o que influencia e muito o dimensionamento do pavimento.

Relativamente à execução do terreno de fundação que suporta o pavimento e que se designa-se por leito do pavimento, já foi referido como tal foi executado e compactado com recurso ao cilindro vibradores. Esta fundação tem como objetivo proporcionar uma resistência mecânica maior, uma menor deformabilidade e uma redução da permeabilidade no que diz respeito aos pavimentos flexíveis, aproximando estes a um comportamento com condições muito próximas da sub-base.

Assim na figura abaixo indicada apresentamos o tipo de perfil transversal/estrutura a utilizar nas baías de estacionamento e nos arruamentos, não estando indicado a inclinação transversal da camada de desgaste mas que a foi definida com $i=2,5\%$ que é normalmente utilizado em estradas de pavimento betuminoso.

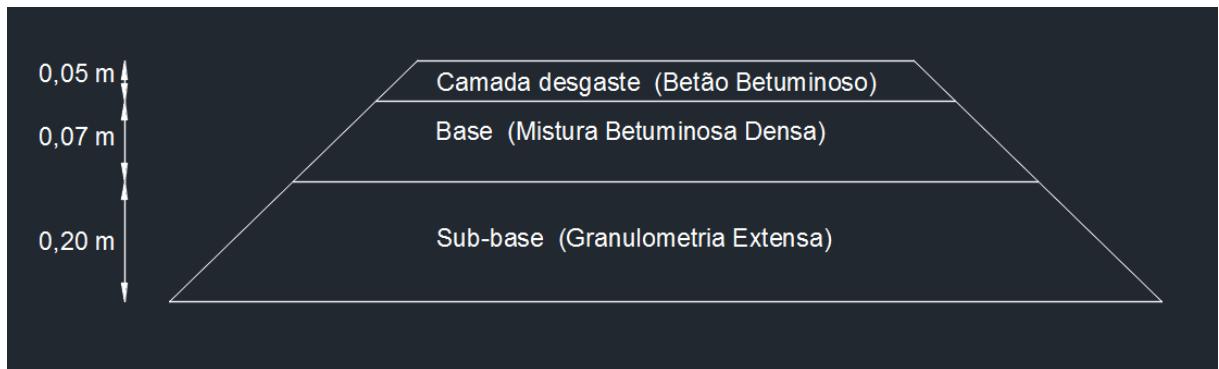


Figura 4.58- Perfil das camadas de pavimento nas baías de estacionamento

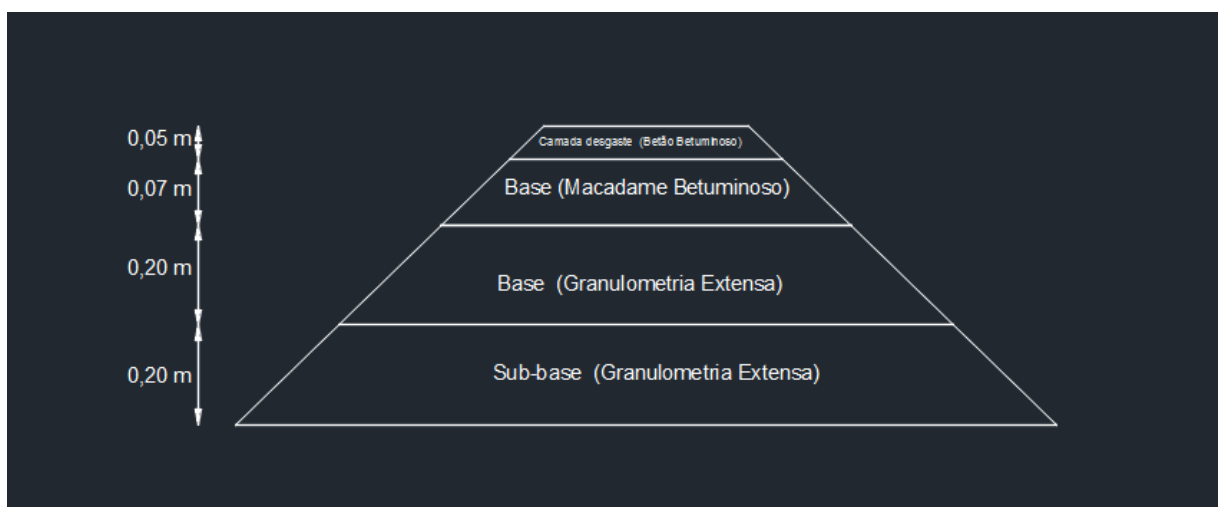


Figura 4.59 - Perfil das camadas de pavimento nos arruamentos

4.8.3. PROCESSOS CONSTRUTIVOS E PROPRIEDADES DOS MATERIAIS A APLICAR

4.8.3.1. Camada sub-base

A **camada sub-base** num pavimento flexível tem como finalidade a existência de um material entre o leito do pavimento e a base do pavimento, permitindo uma melhor ligação entre a fundação e o pavimento e evitar as deformações longitudinais ϵ_{dp} . Das camadas estruturais de um pavimento a sub-base por regra é das mais económicas, devido ao facto dos materiais serem de menor qualidade em relação as camadas mais próximas superfície, que recebem as cargas dos veículos.

Apesar de o *saibro* ter sido efetuado no aterro e para este caso especificamente no leito do pavimento, sendo que a camada de sub-base poderia ter-se efetuado recorrendo a este tipo de material, que é considerado uma material bom para poder ser utilizada na camada sub-base, no entanto recorreu-se a agregado de granulometria extensa, reforçando ainda mais o pavimento que irão ter grande movimento de tráfego de pesados.

Como já foi referido, e como se visualiza nas figuras 4.58 e 4.59, a primeira camada a efetuar foi a sub-base, com uma espessura de 0,20m de granulometria extensa (material britado com diâmetro nominal ($d - D$, 0 a 40 mm)).

Em seguida será explicado o processo construtivo a construção da camada de sub-base.

- Desta forma, para a execução da camada de sub-base, e cumprindo as espessuras definidas em projeto das várias camadas foi necessário verificar as cotas por recurso a aparelho topográfico para aterrar uma camada de 0,20m;
- Assim sendo, em certos locais dos arruamentos onde já tinha sido efetuado o aterro que servirá como solo de fundação do pavimento foi necessário remover permitindo a perfeita correção das espessuras das diferentes camadas a executar;
- Para tal foi executado com recurso a uma motoniveladora e auxiliado por pontos marcados nos arruamentos unidos por fios permitindo uma correto nivelamento;
- Depois foi colocado ao longo de todo o arruamento um camada de sub-base, com espessura (e) de 0,20m, descarregada com recurso a camiões basculantes provenientes de uma pedreira e espalhada por uma motoniveladora;
- Antes da compactação teve de se verificar o teor de água ser possível efetuar o cilindramento;
- Essa camada depois era compactada por um cilindro vibratório.



Figura 4.60 - Preparação para a colocação da sub-base



Figura 4.61 - Execução da camada sub-base com espalhamento do agregado de granulometria extensa com recurso a uma motoniveladora

4.8.3.2. Camada base

Relativamente às **camadas bases**, a principal função destas nos pavimentos flexíveis, são de elevada importância a nível estrutural porque distribuem a ação das cargas do peso dos veículos sobre a camada sub-base e o terreno de fundação respeitando a capacidade de suporte destes.

No entanto as camadas bases devem ter espessuras adequadas com agregados de dimensões especificadas para estas camadas, bem como as camadas subjacentes devem ter menor espessura em relação as subjacentes, para que estes possam transmitir os esforços tangenciais de forma eficaz e duradoura.

No quadro abaixo identificamos as diferenças das características do AGE usado na sub-base e na base.

Quadro 10 – Características dos materiais granulares usados

Camada	Caraterísticas
BG (Base)	Material britado sem recomposição; $D_{m\acute{a}x}=37,5\text{mm}$; $EA>50\%$; $LA<35\%$
SbG (Camada sub-base)	Material britado sem recomposição; $D_{m\acute{a}x}=50\text{mm}$; $EA>50\%$; $LA<40\%$

Assim sendo, como estes arruamentos do loteamento terão elevado tráfego de pesados será constituído por uma base de reforço de agregado de granulometria extensa com 0,20 m de espessura como se

verificou-se na figura 4.59, e uma camada superior base em macadame já com ligante e com função de regularização do pavimento.

Em seguida será explicado o processo construtivo relativamente à primeira camada base em agregado.

- Com recurso a camiões basculantes foi necessário ir à pedreira comprar material britado de granulometria extensa para aplicação em camada base;
- No local da obra, efetuou-se a descarga nos arruamentos com recurso a camiões;
- Preparou-se a superfície para o nivelamento recorrendo a ferros e cordas esticadas entre eles permitindo saber altura da camada, sendo verificada através da régua as restantes espessuras para as camadas;
- Em seguida, efetuou-se o espalhamento e com recurso a niveladora preparou-se toda a camada para se efetuar a rega secando até atingir o teor ótimo e seguido da compactação por um cilindro vibrador de rasto liso;
- A compactação teve de ser efetuado para um número de passagens aproximadamente de 6 exceto casos especiais, e repetindo os procedimentos até as cotas necessárias para a colocação posterior da camada de macadame.



Figura 4.62 - AGE usado na camada base e verificação das cotas



Figura 4.63 - Compactação da camada base

Relativamente à última camada base a camada de ligação (em macadame) que proporciona uma superfície lisa e desempenada para a execução das camadas sobrejacentes e a ser efetuado já depois da realização deste estágio, no entanto ficará aqui o processo construtivo que seria aplicado:

- Após a camada base efetuada de granulometria extensa devidamente compactada procede-se a uma rega de impregnação com emulsão catiónica ECL 1 à razão de $0,8 \text{ kg/m}^2$;
- Este procedimento é efetuado para posterior colocação da camada base de regularização, utilizando um camião rega para o espalhamento da emulsão;
- Seguidamente procede-se ao espalhamento da camada de regularização com recurso a uma pavimentadora com camada de mistura betuminosa densa de $D_{\text{max}}=20\text{mm}$ com uma espessura de 7 cm AC20 (MB);
- Por fim segue-se a parte da compactação com recurso a um cilindro de pneus que é efetuado logo a sair ao espalhamento da mistura sendo acompanhado por técnicos que varrem as gravilhas que ficam a mais depois da passagem da espalhadora e marcam os locais onde se situam as caixas de visita que serão levantadas antes da colocação da camada de desgaste;
- Seguidamente é passado um cilindro vibratório tandem para melhor compactação da camada e nas juntas onde o cilindro de pneus não é eficaz para esta tarefa.

A utilização da *rega por impregnação* tem como vantagem de favorecer a ligação entre a camada base e a camada de desgaste, impermeabilizando a parte superior da camada, impedir a capilaridade e criar um efeito de aglutinação entre as partículas. Esta rega é efetuada com *emulsão betuminosa catiónica* com designação C60BF4 de acordo com a norma EN 13808:2013. A emulsão catiónica é quando o emulsionante confere cargas positivas às gotículas dispersas de betume. A emulsão é uma mistura entre dois líquidos, em que um deles se encontra em fase dispersa com outro em fase contínua, na qual

é misturado um emulsionante para promover a adesão com água e um ligante que neste caso é o betume, sendo que quando se espalha a emulsão no AGE, este provoca a rotura permitindo uma melhor ligação com a camada de ligação.

O AC20 é uma mistura betuminosa com agregados de maiores dimensões do que a camada de desgaste mais mistura com finos e filler.

4.8.3.3. Camada de desgaste

Quanto à última camada estrutural de um pavimento, nomeadamente a **camada de desgaste**, que é a camada em contacto com as ações de carga dos veículos, e a de menor espessura constituída por agregados, aderentes à base de maneira resistente e permanente através de uma película de aglutinante betuminoso. Estas partículas devem ficar encastradas umas nas outras com rugosidade para aumentar uma ligação entre as camadas de forma a evitar deslocamentos horizontais.

As camadas de desgaste são misturas betuminosas constituídas por ligante betuminoso mais agregado sendo de dimensões finas por ser na camada de desgaste. Como neste caso as misturas betuminosas são fabricadas a quente da central betuminosa da empresa, o ligante utilizado é o betume puro do tipo 35/50. Como é lógico a camada de desgaste apresenta agregados mais finos provocando um maior teor em betume, tornando as camadas superiores mais onerosas do que as inferiores. Normalmente nas camadas de desgaste o agregado usado é a gravilha e que não ultrapassa a dimensões de 14mm.

As condições destas misturas apresentam boa estabilidade e uma boa distribuição dos esforços nas camadas subjacentes.

Em seguida será explicado o processo construtivo relativamente à camada de desgaste a ser utilizada.

- Varrimento da camada de ligação antes da rega com emulsão;
- Seguidamente é colocado um camião com o ligante quente, e regada com emulsão catiónica ECL 1;
- Com recurso a camiões basculantes que provêm da central de betuminoso a mistura é despejada na pavimentadora;
- A pavimentadora nivela automaticamente as inclinações definidas que são introduzidas, sendo que nos bordos a altura da camada será maior devido às inclinações transversais da estrada;
- Seguidamente ocorre a fase de cilindramento com recurso ao cilindro de pneus, sendo que depois passa o cilindro vibratório tandem para aperfeiçoar as juntas e os bordos;
- Por fim é necessário selar as juntas e voltar a passar o cilindro vibratório antes do varrimento das gravilhas soltas.



Figura 4.64 - Descarga da mistura betuminosa na espalhadora



Figura 4.65 - Espalhamento da mistura



Figura 4.66 - Compactação da mistura betuminosa

Deste modo fica efetuado e explicado como ocorre a execução construtivo de um pavimento estrutural e as suas regras básicas. No capítulo seguinte é explicado os ensaios realizados para a execução desta obra.

5

APLICAÇÃO DE ALGUNS MÉTODOS DE ENSAIOS

5.1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, é apresentado alguns dos ensaios laboratoriais, efetuados em obra, referindo-se a uma análise dos métodos usados, sendo especificados pelas referidas normas o âmbito destas, como o procedimento a ser efetuado e a apresentação dos resultados.

Relativamente aos ensaios em aterro é de salientar que aqui serão apresentados, os ensaios efetuados nesta obra específica. De referir que o ensaio proctor realizado em laboratório, já tinha sido excetuado aquando do início deste estágio, no entanto será aqui descrito o procedimento deste e o seu funcionamento para obtenção dos valores da baridade seca e do teor em água.

Em função do controlo do aterro em obra, recorreu-se ao método do gamadensímetro, sendo atualmente dos mais usados pelo sua simplicidade e fácil obtenção dos dados. De referir que aqui são apresentados os resultados em anexo das 10 sondagens efetuados em diferentes locais.

Quanto aos ensaios das misturas betuminosas, uma vez, que a norma CE, atualmente em Portugal apenas obriga ao controlo da percentagem de betume e da curva granulométrica dos agregados, serão aqui descritos em pormenor apenas o ensaio da determinação da percentagem de betume por ignição, uma vez, que é muito interessante demonstrar este processo como decorre, já que apenas é falado durante o curso de forma muito abrangente. Quanto ao ensaio dos agregados será apresentados breves referências, dado que é um ensaio simples, com muita informação existente, estudado em várias unidades curriculares do curso.

5.2. ENSAIO DE COMPACTAÇÃO

5.2.1. INTRODUÇÃO

No capítulo 4, já foi explicado a forma da execução do aterro, uma vez, que o objetivo desta dissertação é explicar o processivo construtivo da compactação do que explicar sucintamente como consiste teoricamente o processo da compactação e os vários métodos em si, como por exemplo, as variáveis que são influenciadas e as formulações. No entanto é de voltar a salientar que o ensaio proctor tem como objetivo controlar a compactação do solo, em laboratório, determinando a relação entre o teor em água e a baridade seca dos solos, permitindo fixar um termo de comparação para o controlo da baridade e da humidade no campo. Neste caso o ensaio utilizado para controlo dos aterros em obra é o método radioativo por gamadensímetro.

Ambos são para controlar a compactação do aterro e ambos determinam o teor em água e a baridade seca, sendo que o ensaio in situ é para verificar se está a ser realizado com os parâmetros observados em laboratório.

Por fim de salientar ainda que apenas foi executado o ensaio “in situ” para o controlo da qualidade do aterro, mas vamos falar de ambos os ensaios, referindo apenas os resultados experimentais em relação ao ensaio radioativo.

5.2.2. ENSAIO PROCTOR

Entre os ensaios de compactação dinâmicos é o ensaio proctor é dos mais utilizados.

O ensaio consiste através de um determinado pilão com um determinado peso específico que é deixado cair de uma altura padrão um determinado número de pancadas sobre uma amostra de solo.

De entre os diferentes tipos de compactação do ensaio proctor existe o de compactação leve em molde pequeno e em molde grande e de compactação pesada em molde pequeno e molde grande.

De referir ainda que o ensaio utilizado foi o Proctor Modificado em detrimento do Proctor Normal, de forma a obter uma maior energia de compactação, sendo utilizado o proctor modificado em compactação da pesada com molde grande devido às grandes quantidades de volumes de aterro a serem executados, bem como à espessura a ensaiar. Este último aplica-se a todos os casos exceto quando a percentagem retida no peneiro $\frac{3}{4}$ (19mm) não for superior a 20%.

O ensaio consiste em obter o W_{ot} para uma determinada energia de compactação. Este ensaio está especificado na norma do LNEC E 197 – 1966.

De seguida no quadro estão indicadas as características do ensaio proctor.

Quadro 11 - Características do ensaio proctor segundo LNEC E 197- 1966

		Tipos de compactação			
		Leve (Proctor Normal)		Pesada (Proctor Modificado)	
Molde	Diâmetro (mm)	102	152	102	152
	Altura (mm)	117	114	117	114
Pilão		2,49 kg	2,49 kg	4,54 kg	4,54 kg
Altura de queda		30,5cm	30,5cm	47,5cm	47,5 cm
Número de camadas		3	3	5	5
Número de pancadas por camada		25	55	25	55

A energia específica de compactação é dada pela seguinte equação:

$$E_c = \frac{P \times h \times n \times c}{V} \quad \text{N.cm/cm}^3$$

Em que:

- P é o peso do pilão (Kg);
- h é a altura de queda do pilão (cm);
- n é o número de pancadas efetuadas na amostra por cada camada de solo;
- c é a espessura da camada.



Figura 5.1 – Proctor (<http://matest.com/es/Products/--1/AUTOMATIC-PROCTOR-CBR-COMPACTORS-/automatic-compaction-test>)

Por fim para se apresentar os resultados graficamente traça-se a curva da baridade seca (γ_s) vs teor em água, respetivamente nas ordenadas e nas abcissas. Desta forma determina-se o valor do teor ótimo em água e a baridade máxima para esse valor. Na figura abaixo é indicado um exemplo de uma curva de compactação em laboratório.

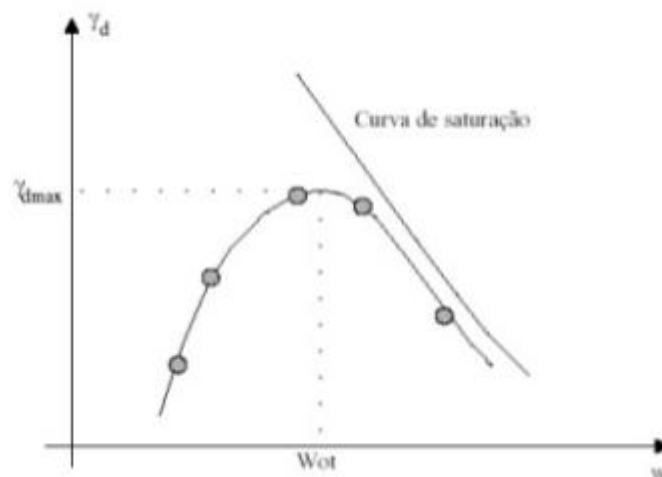


Figura 5.2 - Curva de compactação em laboratório

5.2.3. ENSAIO RADIOATIVO (TROXLER)

O ensaio pelo método radioativo é um método não destrutivo e o mais utilizado para controlo da compactação recorrendo a um Troxler (nome comercial) ou Gamadensímetro, permitindo um correto controlo em obra da baridade seca e do teor de água com o ensaio Proctor realizado em laboratório.

Pode ser melhores descritivo na norma americana ASTM D6938 -2010, no entanto é de fácil aplicação e sem muita dificuldade para compreensão dos resultados. Para além de ser aplicado para os aterro, pode ser aplicado nas misturas betuminosas, sendo um dos métodos mais eficazes e rápidos para controlo “in situ” das variáveis γ_d e w .

Este método consiste na utilização de um aparelho já definido em que mede os teores de humidade e o peso volúmico seco do solo. Esta medição é efetuado através de emissões de neutrões rápidos no solo, que por colisão com os átomos de hidrogénio se transformam em neutrões lentos, procedendo à contagem dos raios que chegam ao aparelho sem perda de energia. Comparando estes valores com os valores do ensaio em laboratório é possível determinar o grau de compactação.



Figura 5.3 - Troxler

Nos ensaios por gamadensímetro existem dois métodos de execução:

- **Método A** – *Transmissão direta*: sendo realizado um furo na camada a estudar para avaliação da profundidade desejada, onde se introduz a fonte (vara). A intensidade dos raios gama depois é captada por um contador do troxler e é inversamente proporcional à densidade do material atravessado;
- **Método B** – *Transmissão indireta*: o equipamento é colocado na camada a ensair sem se efetuar uma perfuração. As fontes de raios gama e neutrões e os detetores encontram-se no mesmo plano. Depois os raios gama penetram na camada a menos profundidade do método A e são contados apenas os que chegam ao detetores sem perda de energia. A intensidade da resposta detetada no recetor é proporcional ao w do material.

Na figura 5.4 é apresentado os métodos acima referidos sendo que para a determinação do γ_d , apenas é possível através dos raios gama e para a determinação do w é pelo eletrões emitidos pelo gamadensímetro.

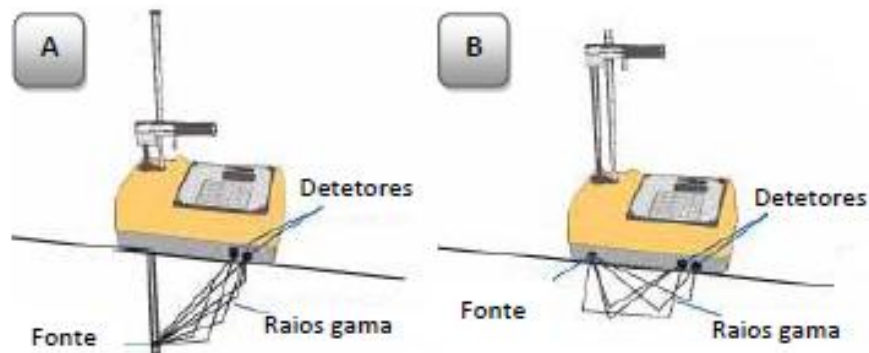


Figura 5.4 - Métodos do ensaio por gamadensímetro

Para se efetuar este ensaio é preciso ter necessário as variáveis que podem influenciar os valores da baridade seca e do teor em água. Passaremos a indicar as respectivas variáveis.

Os fatores que podem afetar a medição da baridade são:

- Composição química do material a efetuar o ensaio;
- As medições efetuados por transmissão indireta resultam em valores de γ_d e w do material mais próximo da superfície;
- A presença de outras fontes radioativas no local pode interferir com os resultados. Por isso essas fontes devem estar no mínimo 9m no local do ensaio;
- Solos não homogêneos e superfícies irregulares;
- A dimensões das partículas, como por exemplo de grandes dimensões ou de grande número de vazios podem provocar alterações nas medições.

Em relação aos fatores que influenciam a medição do teor em água são:

- Como no caso anterior a presença de radiações no local dos ensaios pode interferir na fonte dos neutrões;
- Composição química do material a efetuar o ensaio;
- A medição do w é influenciado pelo w do material que se encontra mais à superfície.

Por fim é de salientar que a presença de materiais radioativos obriga a um cuidado especial no manuseamento durante os ensaios.

No anexo 6 é apresentado os 10 locais onde foi realizado o ensaio.

5.3. ENSAIO ÀS MISTURAS BETUMINOSAS

5.3.1. INTRODUÇÃO

Relativamente aos ensaios das misturas betuminosas é importante referir que a norma CE, atualmente obriga apenas dois ensaios a realizar, um à percentagem de betume na mistura e outro à análise granulométrica dos agregados.

Uma mistura betuminosa é composta por um ligante (neste caso o betume asfáltico), agregados (brita), fíler e pó.

O betume como já foi referido tem um papel importante na agregação da mistura, sendo que nos agregados a dimensão da brita varia conforme a camada a realizar, ou seja, normalmente para a camada de desgaste os diâmetros nominais da brita não devem ultrapassar os 14mm, sendo que para uma camada de regularização já pode ir até aos 14mm.

O fíler é designado a todo o agregado que passa no peneiro de 0,063mm e que é adicionado para conferir propriedades às misturas como por exemplo para aumentar a sua trabalhabilidade, sendo que neste caso existem o fíler recuperado (em central), e o fíler comercial que é adicionado quando o fíler da central não cumprem conformidades referidas nas normas NP EN 13043 e NP EN 12620.

No quadro 12 é apresentado a designação das misturas betuminosas atualmente.

Quadro 12 - Designação das misturas betuminosas

Camada	Designação Anterior	Designação Atual
Desgaste	Betão Betuminoso Rugoso (micro)	AC 10 surf ligante (mBBR)
	Betão Betuminoso Rugoso	AC 14 surf ligante (BBR)
	Betão Betuminoso	AC 14 surf ligante (BB)
Regularização	Argamassa Betuminosa com betume modificado	AC 4 reg ligante (AB)
	Betão Betuminoso	AC 14 reg ligante (BB)
	Mistura Betuminosa Densa	AC 20 reg ligante (MBO)
	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 reg ligante (MB)
Ligação	Argamassa Betuminosa com betume modificado	AC 4 bin ligante (AB)
	Betão Betuminoso	AC 14 bin ligante (BB)
	Mistura Betuminosa de Alto Módulo	AC 18 bin ligante (MBAM)
	Mistura Betuminosa Densa	AC 20 bin ligante (MBD)
	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 bin ligante (MB)
Base	Mistura Betuminosa de Alto Módulo	AC 20 base ligante (MBAM)
	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 base ligante (MB)
	Macadame Betuminoso Fuso B	AC 32 base ligante (MB)

De seguida, é apresentado o ensaio realizado em central para a determinação da percentagem de betume de uma mistura betuminosa neste caso um AC14 surf 35/50 de uma outra situação dado que a quando da finalização desta dissertação ainda não tinham ocorrido os trabalhos.

5.3.2. PERCENTAGEM DE BETUME POR INIGNIÇÃO (MUFLA)

5.3.2.1. Considerações Gerais

A norma utilizada no ensaio laboratorial para determinar a percentagem de betume na camada de desgaste AC12 surf 35/50 (BB), bem como na camada base de betão betuminoso AC20 reg 35/50 (MBD) foi a **EN 12697-39 – Test methods for hot mix asphalt – Binder content by ignition**, que descreve o método de ensaio para a determinação da percentagem de betume por ignição. Este método é uma alternativa ao método mais tradicional da extração de betume usando solventes. Também pode ser usado para a avaliação para a da composição da mistura, dado que os agregados remanescentes podem ser utilizados na determinação da análise granulométrica e a massa volúmica indica se existiu uma excessiva alteração das partículas de agregados à temperatura atingida no ensaio. Os resultados podem ser usados para a verificação de controlo de processo na conformidade das misturas. No entanto, a necessidade calibração de uma mistura, ou em cada um dos seus componentes, antes de se efetuar uma análise faz com que este seja um método simples e de fácil utilização em misturas de utilização frequente, preferivelmente a situações de realização de diferentes tipos de misturas com diversas proveniências de agregados. Este método de ensaio é igualmente adequado para a análise de misturas que utilizam betumes modificados ou não modificados uma vez que este exige a calibração de cada mistura a ensaiar quando é utilizada a calibração nas misturas.

De acordo com a norma acima referida existe dois métodos para a determinação da percentagem de betume de misturas betuminosas por ignição, sendo o método A utilizando uma “mufla” com balança interna e o método B utilizando uma “mufla” com balança externa. Na realização deste ensaio o método utilizado foi o A.

Nos subcapítulos seguintes é apresentado a constituição da mufla (aparelho utilizado para a determinação da percentagem de betume), bem como os procedimentos a efetuar para a realização dos ensaios e os respetivos cálculos.

5.3.2.2. Aparelho

Mufla é uma espécie de forno a com altas temperaturas usada em laboratórios, para a determinação do teor e percentagem de betume pelo método de ignição mufla. A seguir são indicadas as respetivas características do aparelho:

- *Câmara de amostra*, com capacidade interna para a colocação da amostra sem tocar nos lados e com as dimensões máximas não superiores ao dobro das dimensões mínimas;
- *Bloqueio automático*, que não permite que a porta seja aberta até à conclusão do procedimento, sendo que existe um aviso para indicar o fim do ciclo programado;
- *Sistema para reduzir as emissões do forno*, pelo qual o forno deve ser ventilado por um tubo para o exterior e possuindo sistema de limpeza sendo que este não pode permitir odores que escapem para o laboratório;
- *Balança interna*, capaz de detetar variações de massa de $\pm 0,1g$ das amostras que estão colocadas dentro das cestas;
- *Sistema de recolha de dados e um sistema de aviso*, que deve ser ajustado a um valor tal que a perda de massa entre as leituras individuais realizadas entre intervalos de um minuto por três minutos consecutivos antes do final do ensaio, em que a temperatura do ciclo não seja maior do que os valores apresentados no quadro 10;
- *Cestas de metal*, fabricados a partir de chapa perfurada de aço inoxidável temperado ou outro material adequado que permite um fluxo de ar adequado através da amostra e retêm a maioria da amostra durante o ensaio;

- *Tabuleiro*, feito de aço inoxidável com as mesmas dimensões da cesta;
- *Forno*, com convecção ou força de ventilação capaz de manter a temperatura a $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$;
- *Equipamento de segurança*, deve-se usar óculos de segurança, luvas resistentes a altas temperaturas e mangas cumpridas;
- *Resistência ao calor do forno*, capaz de suportar $650 ^\circ\text{C}$ e de atuar como dissipador de calor que pode acelerar o resfriamento das cestas;
- *Espátulas*;
- *Escovas de aço*.



Figura 5.5 - Mufla usado para determinar a percentagem de betume



Figura 5.6 - Mufla com as cestas e a mistura betuminosa na balança interna

5.3.2.3. Preparação da amostra

- Obter uma amostra de mistura betuminosa quente de acordo com o definido no PE N°10 da norma EN 12697-28;
- As quantidades de amostra a utilizar, variam conforme a granulometria máxima do agregado de acordo com a quadro 13:

Quadro 13- Tamanho da amostra

Dmáx agregado (mm)	Massa da amostra (g)	Constante máxima limite da massa (g)
4	1000 a 1400	0,15
5,6/6,3/8/10	1000 a 1600	0,15
11,2/12,5/14/16	1000 a 1700	0,20
20/22,4	1000 a 2400	0,25
31,5	1000 a 3000	0,3
40/45	1000 a 4000	0,4

- A amostra deve ser colocada em igual quantidade nos tabuleiros da mufla e espalhada uniformemente deixando um espaço de 1 a 2 cm de afastamento das paredes dos tabuleiros;

- Nas amostras de bases, os agregados de maiores dimensões têm tendência, com ação do espalhamento a ficarem quase todos nos bordos da amostra podendo provocar uma queima imperfeita. Devem ser recolocados uniformemente em toda a amostra;
- A amostra deve ser seca a massa constante num forno a (110 ± 5) a menos que seja conhecida que a amostra não contenha água.



Figura 5.7 - Amostra colocada depois de saída do forno



Figura 5.8 - Depois de ligeiramente arrefecida é guardada e mantida na estufa

5.3.2.4. Procedimento geral

Obter o valor de calibração de acordo com o Anexo A, definido na norma EN 12697-39 para a mistura específica a ser analisada diretamente ou a partir de registros. O procedimento de calibração deve ser realizado com uma mistura antes de realizar qualquer teste de aceitação e repetido em intervalos regulares. Também deve ser realizada sempre que haja uma mudança significativa

A mudança significativa é classificada segundo:

- Uma mudança de fonte para qualquer material componente;
- Uma mudança na proporção do material componente por 10% ou mais do que a proporção original;
- Uma mudança de betão betuminoso de 0,5% ou mais;
- O ensaio deve ser realizado utilizando o mesmo equipamento na calibração incluindo o forno e as cestas;
- Pré-aquecer o forno de ignição. Registrar a temperatura do forno no início do teste.

Em seguida no próximo subcapítulo será apresentado o resto do procedimento de acordo com o método A (balança interna).

5.3.2.5. Procedimento para a mufla de acordo com o método A

- Pesar a amostra a temperatura de (110 ± 5) °C numa balança externa e registar a massa da amostra em gramas $W_{s,w}$ em gramas com 0,1g de precisão;
- Coloque as cestas da amostra no tabuleiro, sem significativa perda de temperatura. Distribuir a proporção da amostra uniformemente de cada cestas antes de colocar a próxima. Ter o cuidado de manter o material afastado das bordas da cesta;
- Pesar o conjunto de tabuleiros, incluindo a cesta com a amostra numa balança externa W_{t+s} em gramas com 0,1g de precisão;
- Pressionar START para dar início ao processo;
- A mufla pede a massa da amostra. Introduzir o valor da massa da amostra $W_{s,w}$ e pressionar ENTER;
- Colocar as cestas com as amostras dentro do tabuleiro da mufla, garantindo que não esteja em contacto com nenhuma parede do forno, ou sonda da temperatura;
- Fechar a porta da mufla e pressionar START imediatamente para se iniciar a queima;
- A mufla termina automaticamente a queima, acende a luz BURN COMPLETE (vermelha) e soa o alarme;
- Pressionar ENTER para gravar os resultados;
- Depois de efetuar o ensaio na mufla remover as cestas com a amostra, cobrir esta com a jaula de segurança até a amostra arrefecer à temperatura ambiente;
- Registrar a massa perdida W_{loss} , em gramas, através da balança interna;
- Pesar o conjunto de tabuleiros, incluindo a tampa, com a amostra após a ignição W_{t+a} , numa balança externa com 0,1g de precisão.



Figura 5.9 - Fim do ciclo do ensaio

5.3.2.6. Método de cálculo

1. A massa total da mistura betuminosa antes da ignição $W_{s,w}$;
2. Se a amostra não tiver sido inicialmente seca até massa constante, calcule a massa total seca da mistura betuminosa W_s , em gramas, antes da ignição, através da seguinte fórmula:

$$W_s = W_{s,w} \times \left(\frac{100}{100 + M} \right)$$

Se a amostra inicial com massa constante foi inicialmente seca, a massa total seca da mistura betuminosa antes da ignição W_s , em gramas, é idêntica à massa da mistura betuminosa antes da ignição $W_{s,w}$ em gramas.

3. Calcular a massa total de agregados restantes depois da ignição W_a em gramas, usando a seguinte formula:

$$W_a = W_t + a - W_t$$

4. Calcular a percentagem correta de betume da amostra pela massa da amostra da mistura de betuminoso, em percentagem, usando a seguinte formula:

$$B = \frac{(W_s - W_a)}{W_s} \times 100 - C_f = \frac{W_{loss}}{W_s} \times 100 - C_f$$

5.3.2.7. Resultados obtidos

A seguir é apresentado os resultados dos ensaios efetuados no laboratório à mistura AC 14 surf 35/50, para a determinação da percentagem de betume segundo o ensaio por ignição.

1. A massa do conjunto dos tabuleiros, incluindo a tampa pesada numa balança externa;

$$W_t = W_b = 3376g$$

2. A massa da amostra e do conjunto dos tabuleiros incluindo a tampa pesada numa balança externa foi;

$$W_t + s = 4777g$$

3. A massa total da amostra pesada na balança externa foi de;

$$W_s = W_t + s - W_b$$

$$W_t = 4777 - 3376$$

$$W_t = 1401g$$

4. A massa perdida durante a ignição dada pela balança interna;

$$W_{loss} = 75g$$

5. A massa total da amostra, e do conjunto do tabuleiro incluindo a tampa após a ignição foi de;

$$W_t + a = W_t + s - W_{loss}$$

$$W_t + a = 4777 - 75$$

$$W_t + a = 4702g$$

6. A massa da amostra limpa sem betume;

$$W_a = W_t + a - W_t$$

$$W_a = 4702 - 3376$$

$$W_a = 1326g$$

7. A percentagem de betume perdido na queima;

$$\%B = \frac{(W_s - W_a)}{W_s} = \frac{W_{loss}}{W_s} \times 100$$

$$\%B = \frac{(1401 - 1326)}{1401} \times 100 = \frac{75}{1401} \times 100$$

$$\%B = 5,35$$

8. O factor de correção do agregado definido no Anexo A da norma;

$$C_f = ACF = 0,20\%$$

Nota: No entanto, por motivos de confidencialidade do IPQ não é possível apresentar o anexo dessa norma.. No entanto o fator 0,20% é um valor aceitável para as camadas de desgaste.

9. A percentagem de betume na mistura é dada por;

$$\%B = \frac{(W_s - W_a)}{W_s} \times 100 - C_f = \frac{W_{loss}}{W_s} \times 100 - C_f$$

$$\%B = \frac{(1401 - 1326)}{1401} \times 100 - 0,2 = \frac{75}{1401} \times 100 - 0,20$$

$$\%B = 5,15$$

No quadro abaixo indicado é apresentado os valores dos ensaios que depois em anexo é melhor esclarecido.

Quadro 14 - Percentagem de betume

Percentagem de Betume por Ignição (Mufla)	
Wb	3376g
Wt+s	4777g
Ws	1401g
Wloss	75g
Wt+a	4702g
Wa	1326g
%loss	5,3g
Cf	0,2%
B	5,1%

Para o ensaio poder ser dado em conformidade com a norma CE a percentagem de betume tem de dar entre 5% e 6% para as camadas de desgaste, sendo diferentes a composição das misturas conforme varia em que camada será aplicada. Como o valor obtido da percentagem de betume foi de 5,1% o que se pode considerar esta mistura válida para aplicação, se depois esta cumprir a curva da análise dos agregados de acordo com a norma EN 12697-2 / NP EN 933-1.

5.3.2.8. Princípio básico para obtenção do valor de correção

Neste ponto, apresenta-se resumidamente a forma de obtenção do fator de correção do agregado, sendo definido na norma três métodos para obtenção desse valor. No entanto apenas vamos referir um método, mais simplificado em que este valor é baseado na preparação da mistura em laboratório. Por fim, antes da explicação do método de forma a obter estes valores é necessário, ter em conta que as amostras cumpram os requisitos apresentados no quadro 12.

Passa-se a apresentar a forma de cálculo para a obtenção do valor de calibração:

1. Calcular a massa perdida C_{si} , em percentagem, para cada mistura usando a seguinte formula;

$$C_{si} = \frac{(W_s - W_a)}{W_s} \times 100$$

2. Calcular o valor de calibração C_F , em percentagem, para a média dos três resultados da mistura usando a seguinte formula;

$$C_f = \frac{(Cs1 + Cs2 + Cs3)}{3} - B_{mix}$$

Deste modo é obtido de forma resumida pelo método em laboratório o fator de correção do agregado, para obtenção da percentagem de betume da mistura.

5.4. CONCLUSÃO FINAL

Esta dissertação, teve como principal objetivo, o acompanhamento de uma obra, baseado principalmente na área de vias de comunicação, permitindo uma aprendizagem prática, que o curso de mestrado integrado em engenharia civil na FEUP, não proporciona aos alunos durante os primeiros 4 anos. Deste modo, permitiu um conhecimento maior às competências adquiridas durante a realização do curso, principalmente na parte de preparação de obras, e na sua execução.

Também permitiu um conhecimento dos ensaios obrigatórios a ser efetuados para as misturas betuminosas de acordo com a legislação em vigor, assim como na realização destes, tanto em laboratório como na central betuminosa.

6 BIBLIOGRAFIA

- A.A.S.H.T.O. (2011). *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington: AASHTO.
- Ashton, T. S. (1995). *A Revolução Industrial*. Publicações Europa-America.
- ASTM D6938 - Standard Test Method for In - Place Density and Water Content of Soil and Soil - Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Deph). (s.d.).
- ASTM D7113/D7113M -10(2016) - Standard Test Method of Density of Bituminous Paving Mixtures in Place by the Electromagnetic Surface Contact Methods. (s.d.).
- Burke, R. (2013). *Project Management: Planning & Control Techniques*. Wiley.
- Carreira, L. (2005). *Sistemas de contenção de terra em gabiões - Mecânica dos Solos II*. Leiria: Instituto Politécnico de Leiria.
- Fernandes, M. A. (2011). *Mecânica dos Solos: Introdução à engenharia geotécnica*. Porto: Feup Edições.
- Fernandes, M. M. (2012). *Mecânica dos Solos, Volume 1*. FEUP, edições.
- Google Maps. (s.d.).
- Harrison, I. (2004). *The Book of Invention*. National Geographic Society.
- IPQ. (2008 a)). *NP EN 13108-1:2008, Misturas Betuminosas - Especificações dos materiais*. Costa da Caparica: Instituto Português da Qualidade.
- McAdam, J. (s.d.).
- Melo, A. H., Miranda, C. M., & Ribeiro, J. M. (1993). *Concepção/Dimensionamento de Pavimentos Rodoviários*. Instituto da Construção.
- N. Hunter, D. R., Self, A., & Read, J. (2015). *The Shell Bitumen Handbook*. Surrey: Shell Bitumen.
- Norma do LNEC E 197 - 1966. (s.d.).
- Norma EN 12897-39 (2012) - Test methods for hot mix asphalte - Part 39: Binder content by ignition. (s.d.).
- Norma EN 13808 (2013) - Bitumen and bituminous binders. Framework for specifying cationic bituminous emulsions. (s.d.).
- Norma EN NP 13043 (2004/AC2010) - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação. (s.d.).
- Norma NP EN 12620 (2002+A1:2008) - Agregados para betão. (s.d.).
- Norma NP EN 9001 (2008) - Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. (s.d.).
- Raph, M., & Andrew, R. (2007). *Construction UK; Introduction to the Industry, 2nd Edition*. Wiley-Blackwell.

Russel, W. L. (2011). *Pavement Design Guide*.

Telford, T. (s.d.).

Woodward, J. F. (1997). *Construction Project Management: Getting it Right First Time*. London: Thomas Telford.

<http://www.strum.co.uk/palimps/macadam.htm> 05/03/2017

<http://www.dacop.pt/?page=empresa> 20/02/2017

<https://www.visitarportugal.pt/distritos/d-braga/c-vila-nova-famalicao> 08/03/2017

<http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/RegulamentoSinalizacaoTransito/Documents/RST-Decreto%20Regulamentar%2022-A-98.pdf> 25/03/2017

<http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/RegulamentoSinalizacaoTransito/Documents/RST-Decreto%20Regulamentar%2041-2002.pdf> 25/03/2017

<http://www.ansr.pt/SegurancaRodoviaria/RegulamentoSinalizacaoTransito/Documents/RST-Decreto%20Regulamentar%2013-2003%20-%20Outros%20Sinais%20Dire%C3%A7%C3%A3o%20-%20Altera%C3%A7%C3%A3o.pdf> 25/03/2017

<https://www.google.pt/maps/@41.410684,-8.4568876,285m/data=!3m1!1e3> 25/03/2017

<http://www.topeca.pt/index.php/pt/product/special/285> 03/04/2017

<http://www.erosionpollution.com/geotextile-fabric-application.html> 03/04/2017

http://81.90.61.41:8082/pmots_vnf/c?_act=page&_name=mapvnf 13/03/2017

http://www.cm-vnfamalicao.pt/plano_diretor_municipal_2 13/03/2017

<http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede/rodoviaria/prn> 15/04/2017

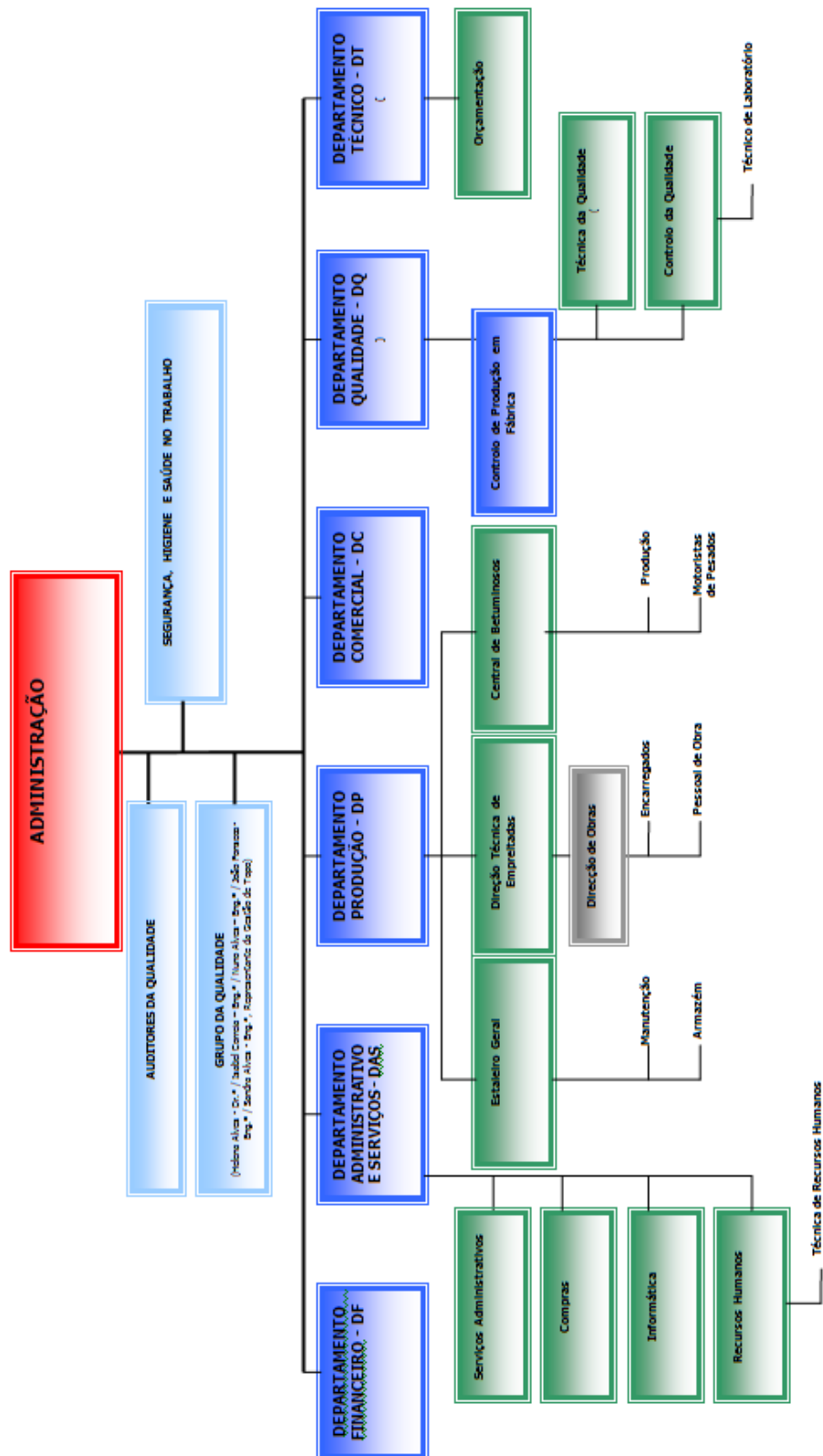
<http://matest.com/es/Products/--1/AUTOMATIC-PROCTOR-CBR-COMPACTORS-/automatic-compaction-test> 25/05/2017

<http://aclweb.pt/pt> 13/05/2017

<http://www.infraestruturasdeportugal.pt/> 24/03/2017

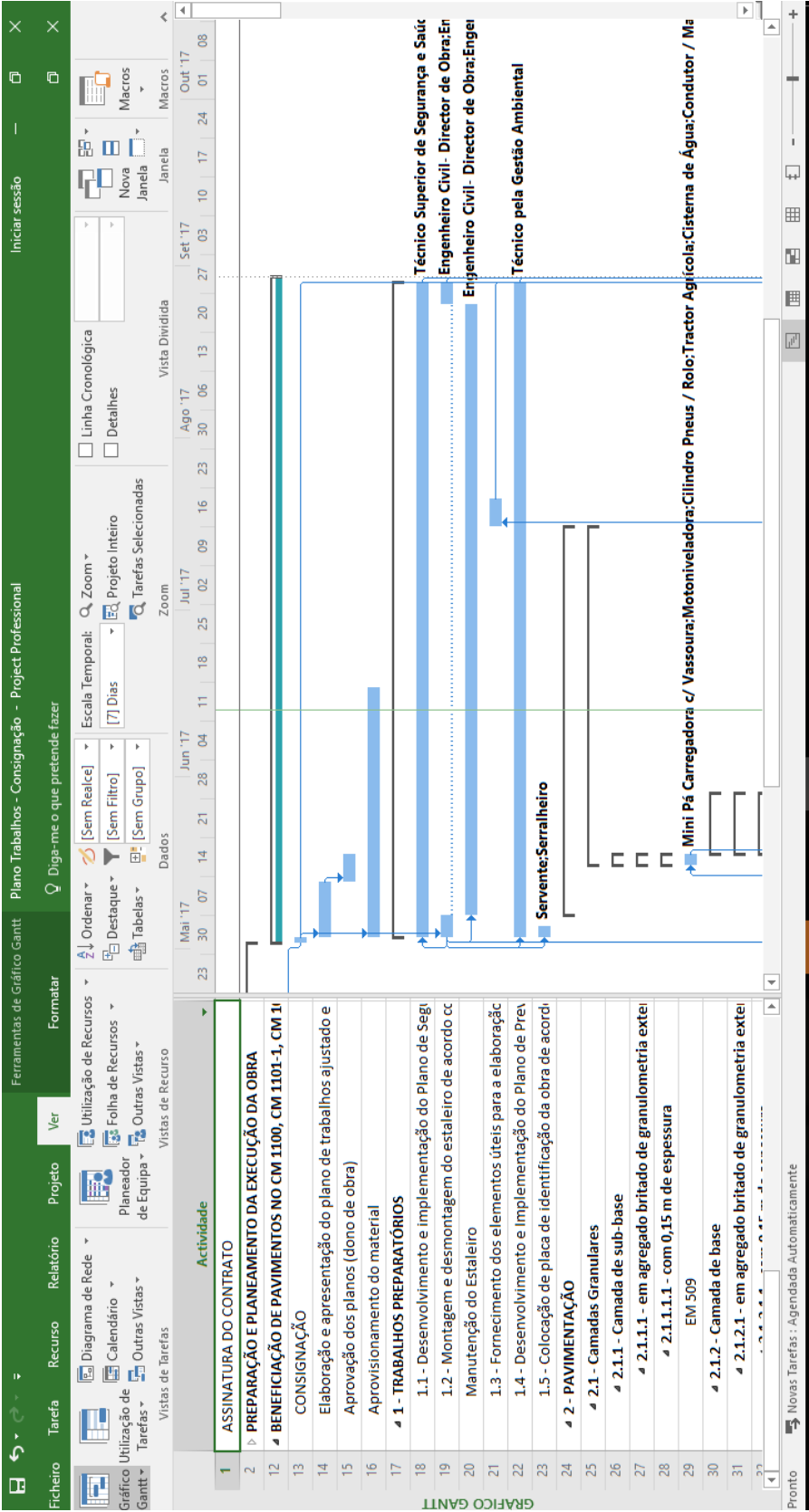
ANEXOS

ANEXO A1



A ADMINISTRAÇÃO:

ANEXO A2



ANEXO A3

COD	DESCR	MAPA DE QUANTIDADES				AM1	
		QTD	UN	PU	TOTAL	QTD	TOTAL
	REDE VIÁRIA						
1.	TRABALHOS INICIAIS E MOVIMENTOS DE TERRA						
1.1.	Decapagem e desmatagem de toda a zona do arruamento, baias de estacionamento e passeios, incluindo todas as demolições e remoção de produtos sobranes a vazadouro.		m2				
1.3.	Aterro em terreno de qualquer natureza de acordo com os perfis para retificação das cotas do projeto do arruamento, criando as necessárias plataformas de trabalho incluindo transporte de produtos sobranes a vazadouro.		m3				
1.4.	Fornecimento e aplicação de manta geotêxtil em toda a zona de intervenção, incluindo todos os trabalhos necessários, de acordo com o Caderno de Encargos.		m2				
2.	GUIAS DELIMITADORAS						
2.1	Escavação em terreno de qualquer natureza em abertura de caixa para colocação de guias/lancil, incluindo transporte a vazadouro de terras sobranes.		m3				
2.2	Fornecimento e colocação de lancil de betão tipo "Mecan", com 8 de piso, entre zonas ajardinadas e os passeios e entre o arruamento e a zona de construção dos futuros pavilhões, incluindo fundação em betão ciclópico, conforme desenhos de pormenor e Caderno de Encargos.		ml				
2.3	Fornecimento e colocação de lancil em betão tipo "Mecan", com 15 de piso, entre a baia de estacionamento e os passeios, entre o arruamento e as zonas ajardinadas, entre o arruamento e os passeios e entre a baia de estacionamento e as zonas ajardinadas, incluindo fundação em betão ciclópico, conforme desenhos de pormenor e Caderno de Encargos.		ml				
3.	PAVIMENTAÇÕES						
3.1.	Regularização e compactação de caixa em arruamentos, baias de estacionamento e passeios, incluindo remoção dos produtos sobranes e transporte a vazadouro.		m2				
3.2.	Camada de fundação em tout-venant de britadeira na espessura com espessura de 0,20m depois do recalque, incluindo ensaibramentos e rega.		m2				
3.4.	Base de macadame de granulometria extensa com 0,20 (0,10+0,10) de espessura após compactação, incluindo abertura ou formação de caixa.		m2				
3.5.	Camada de regularização constituída por uma mistura densa com 0,07m de espessura após compactação, sobre rega de impregnação com emulsão catiónica ECL 1 à razão de 0,8 kg/m2.		m2				
3.6.	Camada de desgaste em betão betuminoso com 0,05m de espessura após compactação, sobre rega de colagem com emulsão betuminosa catiónica ECR 1 à razão de 0,5 Kg/m2.		m2				
3.7.	Pavimentação tipo "Mecan", cor cinza, em passeios assentes em almofada de areia com 0,03m de espessura.		m2				
3.8.	Fornecimento e aplicação de tinta termoplástica na marcação de baias de estacionamento e de delimitação do arruamento e cais de carga/descarga, conforme desenhos de pormenor e Caderno de Encargos.		ml				

ANEXO A4

	PREVENÇÃO E SEGURANÇA	Edição: 01
		Revisão: 00
		Data: 28/04/2017

PLANO DE SINALIZAÇÃO TEMPORÁRIA



OBRA:

REQUALIFICAÇÃO DA AV. DE SÃO GENÉS E ÁREA DE LAZER DA URBANIZAÇÃO DE CAIAIS

	PREVENÇÃO E SEGURANÇA	Edição: 01
		Revisão: 00
		Data: 28/04/2017

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. OBJECTO:

O presente plano respeita a definição das condições de sinalização temporária a adotar na Avenida de S. Gens durante o trabalho de pavimentação que a empresa DACOP S.A. pretende levar a efeito. A Intervenção insere-se na empreitada "REQUALIFICAÇÃO DA AV.DE SÃO GENS E ÁREA DE LAZER DA URBANIZAÇÃO DE CASAIS " do Município da Trofa.

2. DESCRIÇÃO DOS TRABALHOS:

Os trabalhos a executar consistem em várias atividades como:

- Execução de pavimentos.
- Execução de valetas
- Repetimento de calças de visita e telos móveis

Durante a execução dos trabalhos será necessário a supressão temporária da via de circulação, com os inconvenientes daí decorrentes para o tráfego automóvel, pelo que a respectiva execução carece de implementação de sinalização específica, e a sua redução ao menor prazo possível.

3. SINALIZAÇÃO:

A intervenção a realizar localiza-se na Avenida de S. Gens, pertencente à União das freguesias de Alvarelhos e Gudiões.

A sinalização dos trabalhos respeitará as prescrições do D. R. nº 22-A/98 de 1 de Outubro, com as alterações que lhe foram introduzidas pelo D. R. nº 41/2002 de 20 de Agosto e pelo D.R. nº 13/2003 de 26 de Junho, destinando-se a prevenir os utentes da existência de obras e obstáculos na via pública, e ainda a transmitir as obrigações, restrições ou proibições especiais que temporariamente lhes são impostas, e que se tornam imperiosas à realização dos trabalhos.

Para executar este troço de arnuamento pretende-se adotar a circulação alternada. Estima-se que o prazo de execução da intervenção seja 60 dias úteis, com data prevista para o próximo dia 4 de Maio.

	PREVENÇÃO E SEGURANÇA	Edição: 01 Revisão: 00 Data: 28/04/2017
---	------------------------------	---

A restante sinalização acompanhará a frente de trabalhos e engloba a seguinte sinalização:

- Sinalização de aproximação
- Sinalização de posição
- Sinalização final

Sinalização de aproximação:

Sinal AT1 (trabalhos na via), a colocar a 150 m do início da obra/trabalhos.



Sinal AT15 (perigos vários), a colocar a 110 m do início da obra/trabalhos.



Sinal AT9 (supressão de uma via), a colocar a 70 m do início da obra/trabalhos.



Sinal BT8 (limitação de velocidade), a colocar a 30 m do início da obra/trabalhos.



Sinalização de posição:

Uma vez que vão existir obstáculos ocasionais na via pública vai-se utilizar a sinalização de posição, que vai limitar convenientemente o obstáculo ou zona de obras, bem como as imediações, por forma bem definida, nas direcções paralelas e perpendiculares ao eixo da via. A sinalização de posição a utilizar será:



Sinalização final:

Logo que seja possível o regresso às condições normais de circulação vai-se utilizar a sinalização final.



Sinal DT13 (fim de obras), a colocar a 100 m do fim da obra/trabalhos.

	PREVENÇÃO E SEGURANÇA	Edição: 01
		Revisão: 00
		Data: 28/04/2017

4. SINALIZAÇÃO DOS OPERADORES:

O pessoal laborará na zona regulada pela sinalização temporária com vestuário de alta visibilidade.



Todos os veículos a operar na mesma zona serão sinalizados com placas retrorreflectoras e com um farol de cor amarela. (Pirliampo Rotativo)

5. CONCLUSÃO:

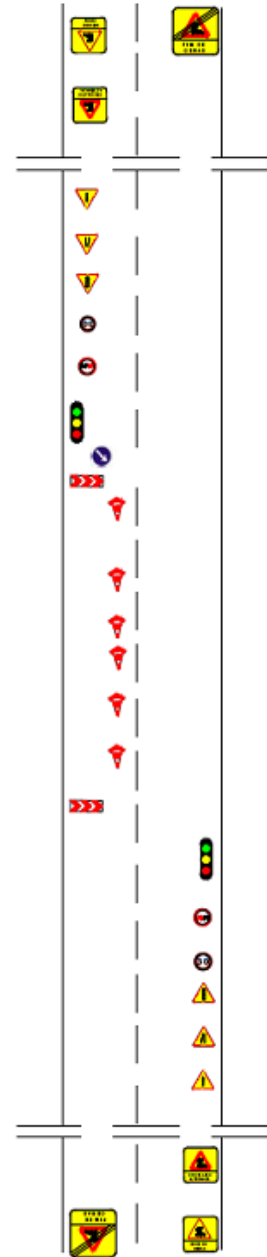
Julga-se que a metodologia de execução dos trabalhos e respectiva sinalização, nos moldes propostos, asseguram as condições de segurança destas vias e respectivos utilizadores.

ANEXOS:

- Planta de Localização
- Esquema de Circulação Alternada

ESQUEMA DE CIRCULAÇÃO ALTERNADA

ESQUEMA TIPO



ANEXO A5

Movimentos de Terra - Loteamento Industrial na Avenida da Liberdade - Requião - V.N.F				
Dia	Viatura	Capacidade (m3)	Nº Cargas	Volume transportado (m3)
07-nov	20-JV-65	20	18	360
	85-04-HN	14	16	224
08-nov	20-JV-65	20	20	400
	85-04-HN	14	20	280
09-nov	20-JV-65	20	20	400
	85-04-HN	14	19	266
10-nov	20-JV-65	20	20	400
	85-04-HN	14	17	238
	82-JQ-41	12	18	216
11-nov	20-JV-65	20	20	400
	85-04-HN	14	20	280
	82-JQ-41	12	19	228
12-nov	20-JV-65	20	14	280
	85-04-HN	14	14	196
	82-JQ-41	12	14	168
14-nov	20-JV-65	20	15	300
	85-04-HN	14	21	294
	82-JQ-41	12	21	252
15-nov	20-JV-65	20	20	400
	85-04-HN	14	20	280
	82-JQ-41	12	20	240
16-nov	20-JV-65	20	18	360
	85-04-HN	14	20	280
	82-JQ-41	12	19	228
17-nov	20-JV-65	20	14	280
	85-04-HN	14	13	182
	82-JQ-41	12	13	156
			TOTAL	7588

Movimentos de Terra - Loteamento Industrial na Avenida da Liberdade - Requião - V.N.F				
Dia	Viatura	Capacidade (m3)	Nº Cargas	Volume transportado (m3)
13-jan	20-JV-65	20	11	220
	98-IB-76	20	2	40
14-jan	20-JV-65	20	17	340
	98-IB-76	20	17	340
16-jan	20-JV-65	20	12	240
	98-IB-76	20	17	340
	82-JQ-41	12	15	180
17-jan	20-JV-65	20	10	200
	98-IB-76	20	11	220
	82-JQ-41	12	11	132
18-jan	20-JV-65	20	18	360
	98-IB-76	20	18	360
	82-JQ-41	12	17	204
19-jan	20-JV-65	20	13	260
	98-IB-76	20	15	300
	82-JQ-41	12	15	180
20-jan	20-JV-65	20	12	240
	98-IB-76	20	6	120
	82-JQ-41	12	12	144
			TOTAL	4420

ANEXO A6

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão:00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUILÃO - V.N.FAMALICÃO	Data:05/06/2017

DACOP S.A.
13/01/2017 15:16
Troxler Electronic Laboratories
3450

SN: 00579 Version 2.13

Project Number: 737LOTEAME

Time: 16:47 Date: 18/11/2016

Station: 1
Time: 16:49 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 20cm
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689
M: 1172
Dens Cnt: 6314 2234
Moist Cnt: 279
WD = 1971 DD = 1758
PR = 1800 %PR = 97.66
Moisture = 213 %Moist = 12.10
Optional Notes:

Station: 1
Time: 16:49 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 15cm
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689
M: 1172
Dens Cnt: 10900 2974
Moist Cnt: 278
WD = 2001 DD = 1789
PR = 1800 %PR = 99.40
Moisture = 212 %Moist = 11.84
Optional Notes:

Station: 1
Time: 16:50 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 10cm
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão:00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUIÃO - V.N.FAMALICÃO	Data:05/06/2017

M: 1172
Dens Cnt: 17042 3684
Moist Cnt: 286
WD = 2036 DD = 1817
PR = 1800 %PR = 100.0
Moisture = 219 %Moist = 12.05
Optional Notes:

Station: 1
Time: 16:50 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 5.1cm
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689
M: 1172

Dens Cnt: 21659 4081
Moist Cnt: 279
WD = 2051 DD = 1838
PR = 1800 %PR = 100.0
Moisture = 213 %Moist = 11.57
Optional Notes:

Station: 1
Time: 16:51 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: BS
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689
M: 1172

Dens Cnt: 10966 2338
Moist Cnt: 282
WD = 2038 DD = 1823
PR = 1800 %PR = 100.0
Moisture = 215 %Moist = 11.82
Optional Notes:

Station: 2
Time: 16:53 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 20cm
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689
M: 1172

Dens Cnt: 6751 2338
Moist Cnt: 281

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão:00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUIÃO - V.N.FAMALICÃO	Data:05/06/2017

WD = 1917 DD = 1703
 PR = 1800 %PR = 98.59
 Moisture = 215 %Moist = 12.60
 Optional Notes:

 Station: 2
 Time: 16:53 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 15cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m3
 Std. Counts: D: 5038 1689
 M: 1172

Dens Cnt: 11536 3099
 Moist Cnt: 265
 WD = 1946 DD = 1745
 PR = 1800 %PR = 96.97
 Moisture = 200 %Moist = 11.47
 Optional Notes:

 Station: 2
 Time: 16:54 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 10cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m3
 Std. Counts: D: 5038 1689
 M: 1172

Dens Cnt: 17712 3810
 Moist Cnt: 250
 WD = 1987 DD = 1800
 PR = 1800 %PR = 100.0
 Moisture = 187 %Moist = 10.37
 Optional Notes:

 Station: 2
 Time: 16:54 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 5.1cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m3
 Std. Counts: D: 5038 1689
 M: 1172

Dens Cnt: 22483 4272
 Moist Cnt: 267
 WD = 2006 DD = 1804
 PR = 1800 %PR = 99.99
 Moisture = 202 %Moist = 11.19
 Optional Notes:

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão:00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUIÃO - V.N.FAMALICÃO	Data:05/06/2017

Station: 2
Time: 16:55 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: BS
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689
M: 1172
Dens Cnt: 11361 2491
Moist Cnt: 255
WD = 1954 DD = 1762
PR = 1800 %PR = 97.91
Moisture = 191 %Moist = 10.85
Optional Notes:

Station: 3
Time: 16:57 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 20cm
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5038 1689
M: 1172
Dens Cnt: 6481 2321
Moist Cnt: 284
WD = 1945 DD = 1728
PR = 1800 %PR = 95.98
Moisture = 217 %Moist = 12.57
Optional Notes:

Station: 3
Time: 17:13 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 15cm
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5014 1679
M: 1178
Dens Cnt: 11052 3098
Moist Cnt: 287
WD = 1975 DD = 1756
PR = 1800 %PR = 97.56
Moisture = 219 %Moist = 12.45
Optional Notes:

Station: 3
Time: 17:14 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: 10cm

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão: 00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUILÃO - V.N.FAMALICÃO	Data: 05/06/2017

Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 17722 3921
 Moist Cnt: 282
 WD = 1971 DD = 1757
 PR = 1800 %PR = 97.62
 Moisture = 214 %Moist = 12.19
 Optional Notes:

 Station: 3
 Time: 17:14 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 5.1cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 23022 4670
 Moist Cnt: 286
 WD = 1913 DD = 1695
 PR = 1800 %PR = 95.17
 Moisture = 218 %Moist = 12.84
 Optional Notes:

 Station: 3
 Time: 17:15 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: BS
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 11881 2656
 Moist Cnt: 283
 WD = 1863 DD = 1648
 PR = 1800 %PR = 96.53
 Moisture = 215 %Moist = 13.05
 Optional Notes:

 Station: 4
 Time: 17:17 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 20cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178



Optional Notes:

Relative Position:

Relative Position:

Relative Position:

Station 5

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão: 00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUILÃO - V.N.FAMALICÃO	Data: 05/06/2017

Std. Counts: D: 5014 1679

M: 1178

Dens Cnt: 6341 2188

Moist Cnt: 228

WD = 1970 DD = 1805

PR = 1800 %PR = 100.0

Moisture = 166 %Moist = 9.190

Optional Notes:

Station: 6

Time: 17:29 Date: 05/11/2016

Mode: Soil Depth: 15cm

Relative Position:

Time: 15sec Units = kg/m3

Std. Counts: D: 5014 1679

M: 1178

Dens Cnt: 11091 2986

Moist Cnt: 248

WD = 1982 DD = 1798

PR = 1800 %PR = 99.90

Moisture = 184 %Moist = 10.22

Optional Notes:

Station: 6

Time: 17:30 Date: 05/11/2016

Mode: Soil Depth: 10cm

Relative Position:

Time: 15sec Units = kg/m3

Std. Counts: D: 5014 1679

M: 1178

Dens Cnt: 17592 3665

Moist Cnt: 256

WD = 1997 DD = 1806

PR = 1800 %PR = 100.0

Moisture = 191 %Moist = 10.57

Optional Notes:

Station: 6

Time: 17:31 Date: 05/11/2016

Mode: Soil Depth: 5.1cm

Relative Position:

Time: 15sec Units = kg/m3

Std. Counts: D: 5014 1679

M: 1178

Dens Cnt: 22514 4158

Moist Cnt: 242

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão: 00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUILÃO - V.N.FAMALICÃO	Data: 05/06/2017

WD = 2029 DD = 1851
 PR = 1800 %PR = 100.0
 Moisture = 178 %Moist = 9.638
 Optional Notes:

 Station: 6
 Time: 17:31 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: BS
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m3
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 11561 2491
 Moist Cnt: 254
 WD = 1947 DD = 1758
 PR = 1800 %PR = 97.66
 Moisture = 189 %Moist = 10.76
 Optional Notes:

 Station: 7
 Time: 17:33 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 20cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m3
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 6572 2247
 Moist Cnt: 279
 WD = 1939 DD = 1728
 PR = 1800 %PR = 95.98
 Moisture = 211 %Moist = 12.24
 Optional Notes:

 Station: 7
 Time: 17:34 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 15cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m3
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 11679 2959
 Moist Cnt: 247
 WD = 1941 DD = 1758
 PR = 1800 %PR = 97.67
 Moisture = 183 %Moist = 10.40
 Optional Notes:

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão:00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUILÃO - V.N.FAMALICÃO	Data:05/06/2017

 Station: 7
 Time: 17:34 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 10cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 18160 3786
 Moist Cnt: 263
 WD = 1953 DD = 1756
 PR = 1800 %PR = 97.56
 Moisture = 197 %Moist = 11.23
 Optional Notes:

 Station: 7
 Time: 17:35 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 5.1cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 23017 4436
 Moist Cnt: 264
 WD = 1964 DD = 1766
 PR = 1800 %PR = 98.10
 Moisture = 198 %Moist = 11.21
 Optional Notes:

 Station: 7
 Time: 17:36 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: BS
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 12245 2585
 Moist Cnt: 250
 WD = 1899 DD = 1713
 PR = 1800 %PR = 95.18
 Moisture = 186 %Moist = 10.83
 Optional Notes:

 Station: 8
 Time: 17:38 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 20cm

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão: 00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUIÃO - V.N.FAMALICÃO	Data: 05/06/2017

Dens Cnt: 22126 4174
 Moist Cnt: 404
 WD = 2018 DD = 1695
 PR = 1800 %PR = 95.14
 Moisture = 323 %Moist = 19.07
 Optional Notes:

 Station: 8
 Time: 17:40 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: BS
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 10998 2372
 Moist Cnt: 384
 WD = 2007 DD = 1702
 PR = 1800 %PR = 95.53
 Moisture = 305 %Moist = 17.94
 Optional Notes:

 Station: 9
 Time: 17:43 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 20cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 6520 2386
 Moist Cnt: 246
 WD = 1932 DD = 1750
 PR = 1800 %PR = 97.22
 Moisture = 182 %Moist = 10.40
 Optional Notes:

 Station: 9
 Time: 17:44 Date: 05/11/2016
 Mode: Soil Depth: 15cm
 Relative Position:
 Time: 15sec Units = kg/m³
 Std. Counts: D: 5014 1679
 M: 1178
 Dens Cnt: 11443 3152
 Moist Cnt: 223
 WD = 1945 DD = 1784
 PR = 1800 %PR = 99.10



Mode: Soil Depth: 20cm

Time: 15sec Units = kg/m3

M: 1178

Moist Cnt 228

PR = 1800 %PR = 100.0

Optional Notes:

Time: 17:55 Date: 05/11/2016

Relative Position:

Sid Counts: D- 5014 1679

M: 1178

Dens Cnt: 11091 2986

Moist Cnt 248

WD = 1982 DD = 1798

PR = 1800 %PR = 99.90

Moisture = 184 %Moist = 10.22

Optional Notes:

Station 10

Time: 17:56 Date: 05/11/2016

Mode: Soil Depth: 10cm

Relative Position:

Time: 15sec Units = kg/m3

Std. Counts: D: 5014 1679

M: 1178

Dens Cnt: 17592 3665

Moist Cnt 256

WD = 1997 DD = 1806

PR = 1800 %PR = 100.0

Moisture = 191 %Moist = 10.57

Optional Notes:

Station 10

Time: 17:56 Date: 05/11/2016

Mode: Soil Depth: 5.1cm

Relative Position:

Time: 15sec Units = kg/m3

	RELATÓRIO DE ENSAIO DE COMPACTAÇÃO	Revisão:00
	Obra: LOTEAMENTO INDUSTRIAL NA AVENIDA DA LIBERDADE - REQUILÃO - V.N.FAMALICÃO	Data:05/06/2017

Std. Counts: D: 5014 1679
M: 1178
Dens Cnt: 22514 4158
Moist Cnt: 242
WD = 2029 DD = 1851
PR = 1800 %PR = 99.65
Moisture = 178 %Moist = 9.638
Optional Notes:

Station: 10
Time: 17:56 Date: 05/11/2016
Mode: Soil Depth: BS
Relative Position:
Time: 15sec Units = kg/m3
Std. Counts: D: 5014 1679
M: 1178
Dens Cnt: 11561 2491
Moist Cnt: 254
WD = 1947 DD = 1758
PR = 1800 %PR = 97.66
Moisture = 189 %Moist = 10.76
Optional Notes:

Interpretação dos Resultados:

%PR – Percentagem do "Proctor"
D – Densidade
DD – Densidade Seca
WD – Umidade Humida
Moisture– Humidade
%Moist - % de Humidade ou teor de água

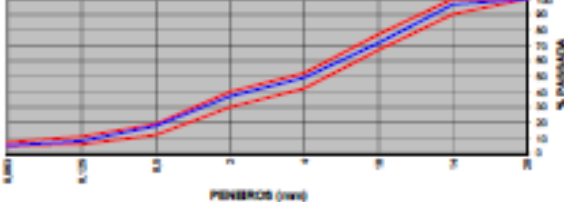
ANEXO A7

	Obra: 0693 - Rua Alto Viso						Processo N.º 03 / 2016			
	Mistura Betuminosa									
	N.º	Designação	Agregado					Filer		Betume
			14/20	10/14	6/12	4/6	0/4	Comercial	Recuperado	35/50
Controlo da Qualidade	6	AC14 surf 35/50 (BB)		22,0	14,0	21,0	31,6	2,9	3,6	4,9

PEN. 10	EN 12697-27		EN 12697-28	
	Local de amostragem: Saída da misturadora		Condições da amostra na recepção:	
	Temperatura da amostra: 164°C		Conforme ☒ X	
	Massa da amostra: 9,801 Kg		Não Conforme ☐	
Data: 01/03/2016		Hora: 09.30		Técnico / Operador: B. Marques

PEN. 19	Percentagem de Betume por Ignição (Mufia)		
	EN 12697-39		
	W_b	Massa do conjunto dos tabuleiros, incluindo a tampa (g)	3376
	W_{t+2}	Massa da amostra e do conjunto dos tabuleiros, incluindo a tampa (g)	4777
	$W_b = W_{t+2} - W_b$	Massa da amostra (g)	1401
	W_{loss}	Massa perdida, dada pela balança interna (g)	75
	W_{t+2}	Massa da amostra e do conjunto dos tabuleiros, incluindo a tampa, após ignição (g)	4702
	W_b	Massa da amostra limpa / sem betume (g)	1326
	%Loss=	Percentagem de betume perdida na queima (%)	5,3
	$C_r = ACF$	Factor de Correção do Agregado (%) (Ver Mod. 138)	0,20
B = %AC=		Percentagem de betume (0,1%)	5,1
Temperatura Máxima durante o ensaio:			
Observações: _____			
Data: 01/03/2016		Hora do ensaio: 10.20	Técnico / Operador: B. Marques

PEN. 21	Análise Granulométrica de Agregados							
	EN 12697-2 / NP EN 933-1							
	Peneiro (mm)	Material Retido		% Passada acumul.	Fuso Granulométrico		Máxima dimensão do agregado (mm):	14
		Peso (Rt) (Kg)	Percent. (0,1%)				M1-Peso da amostra seca inicial (Kg):	1,332
						M2-Peso da amostra seca após lavagem (Kg):	1,332	
	20	0,000	0,0	100,0	100	100	P- Massa passada no 63 µm após penetração (Kg)	0,069
	14	0,047	3,5	96,5	90	100	% de finos (passado no 63 µm) = $(((M1-M2)+P)/M1)*100$ (%)	5,2
	10	0,332	24,9	71,5	67	77	% material perdido na penetração = $[(M2-(2R+P))/M2]*100$ (%)	0,0
	4	0,299	22,4	49,1	42	52		<1%
	2	0,160	12,0	37,1	30	40		
	0,5	0,256	19,2	17,9	12	19		
	0,125	0,130	9,8	8,1	6	11		
	0,063	0,039	2,9	5,2	5	7		
	Soma	1,263						

CURVA GRANULOMÉTRICA	
	Data: 01/03/2016 Hora do ensaio: 15.00 Técnico / Operador: B. Marques