



# Estudo e Acompanhamento de Requalificações de Obras Rodoviárias do Município de Vila Nova de Gaia

**ANA TERESA PANZA**

novembro de 2016

**ESTUDO E ACOMPANHAMENTO DE REQUALIFICAÇÕES  
DE OBRAS RODOVIÁRIAS DO MUNICÍPIO DE VILA NOVA DE GAIA**

ANA TERESA MORENO PANZA

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

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS**

Orientador: Prof. Ângelo Manuel Gonçalves Jacob

Supervisor: Eng.º Abel Tavares de Abrantes (Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia)

**OUTUBRO DE 2016**



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xix
Abreviaturas .....	xxi
1 Introdução.....	1
2 Entidade de Acolhimento.....	3
3 Descrição Teórica .....	9
4 Estudos de Caso .....	53
5 Metodologias de análise e estudo das obras.....	91
6 Conclusão .....	103
Referências Bibliográficas .....	105
Anexos .....	107



## RESUMO

O presente relatório serve para dar conhecimento do trabalho que foi desenvolvido ao longo do período de estágio curricular, que está inserido no âmbito da unidade curricular de Dissertação/Projeto/Estágio (DIPRE), do Mestrado em Engenharia Civil, ramo de Infraestruturas. A escolha deste ramo de estudo de engenharia deve-se ao interesse do estagiário em querer participar nos projetos municipais considerando as necessidades de vias de comunicação novas e/ou requalificadas, que respeitem o meio ambiente e de acordo com as políticas económicas atuais da comunidade e do país onde a contenção e o rigor financeiro são evidentes, como é o caso das obras municipais.

O estágio que teve a duração de 6 meses foi desenvolvido na Divisão de Conceção e Construção de Equipamentos e Espaços Públicos (DCCEEP), na Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia. Este município tem uma rede viária diversificada e que é uma área fundamental para a vida dos munícipes.

Procurou-se assim descrever, caracterizar e dimensionar alguns tipos de pavimentos rodoviários, desenvolver e estudar novas técnicas de orçamentação e gestão de planeamento e apresentar diferentes estudos de caso. Também se abordam questões técnicas de traçado rodoviário, recorrendo a ferramentas informáticas especiais.

Os estudos apresentados procuram soluções equilibradas e adequadas para cada local. O primeiro projeto desenvolvido foi a requalificação da Rua Heróis do Ultramar, em Vilar de Andorinho, onde se substituiu o pavimento em cubos de granito por um betuminoso. O segundo comportou um melhoramento do pavimento betuminoso na Avenida da República, onde foi necessário redimensionar as vias de forma a suportar o tráfego a que está sujeito. O terceiro tratou-se da ampliação da Rua da Igreja do Paraíso, em que se requalificou a parte existente e construiu uma nova com algumas condicionantes. Refere-se ainda, como quarto projeto, com importância para a área da orçamentação, o melhoramento do mapa de quantidades do Acordo Quadro de forma a agilizar o trabalho dos projetistas da divisão em que estava inserida.

**Palavras-chave:** Pavimentos, Dimensionamento, Requalificação, Orçamentação, Geometria de Traçado.



## **ABSTRACT**

This report serves to provide knowledge of the work that was developed during the curricular internship period that is inserted within the course of Dissertation/Project/Internship (DIPRE), Master's degree in civil engineering, branch of infrastructure.

The choice of this engineering study branch is due to the intern's interest in wanting to participate in municipal projects considering new lines of communication needs and / or re-qualified, which respect the environment and according to community of the current economic policies and the country where the containment and financial rigor are evident, as is the case of municipal works.

The internship, which lasted six months, was developed in the design division and construction equipment and public spaces (DCCEEP), in the city council of Vila Nova de Gaia. This municipality has a diversified road network and is considered a key area for the lives of citizens.

It is thus sought to describe, characterize and scale some types of road pavements, develop and study new budgeting techniques, planning management and present different case studies. Technical issues of road route, using special software tools are also addressed.

The studies presented seek balanced and adequate solutions for each location. The first one to be developed was the redevelopment of Heróis do Ultramar road, in Vilar de Andorinho, where the granite cubes floor was replaced by a bituminous pavement. The second one was an enhancement of the bituminous pavement at Avenida da República, where it was necessary to resize the way in order to support the existing traffic. The third one was the expansion of the street Igreja do Paraíso, in which we reclassified the existing part and built a new one with some conditions. There is also the need to refer, as a fourth project with importance to the area of budgeting, the improvement of the Acordo Quadro amounts map, in order to expedite the work of the division's designers where it was inserted.

**Keywords:** Pavement, Design, Requalification, Budgeting, Road Design.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao terminar a realização deste trabalho, que só foi possível pelo prestimoso contributo de algumas pessoas, quero demonstrar a minha gratidão.

Assim, agradeço aos meus pais e ao meu irmão por sempre acreditarem em mim, pelo incentivo, carinho, compreensão e apoio constantes, bem como pelos sacrifícios que fizeram face às minhas necessidades.

Agradeço ao Eng. Ângelo Jacob pelo estímulo, disponibilidade, pelos seus ensinamentos e transmissão de conhecimentos.

Agradeço ao Eng. Abel Abrantes por todo o apoio, acompanhamento e confiança ao longo de todo o trabalho.

Agradeço aos restantes profissionais da Divisão de Conceção e Construção de Equipamentos e Espaços Públicos da CMVNG pelo apoio e pela forma recetiva e carinhosa demonstrada.



# ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Metodologia.....	2
1.4	Estrutura.....	2
2	Entidade de Acolhimento.....	3
2.1	Descrição.....	3
2.2	Estrutura Organizacional.....	3
2.3	Competências.....	5
2.4	Descrição da DCCEEP.....	6
3	Descrição Teórica.....	9
3.1	Considerações Gerais.....	9
3.2	Tipologia de Pavimentos.....	10
3.2.1	Pavimentos flexíveis.....	11
3.2.2	Pavimentos rígidos.....	13
3.2.3	Outros Tipos de Pavimentos.....	17
3.3	Caracterização da Degradação de Pavimentos.....	18
3.3.1	Pavimentos Flexíveis.....	18
3.3.2	Pavimentos Rígidos.....	22
3.4	Técnicas de Conservação de Pavimentos.....	25
3.5	Metodologias de Beneficiação e Reabilitação.....	27

3.5.1	Beneficiação e Reabilitação de Pavimentos Flexíveis.....	28
3.5.1.1	Técnicas de Reabilitação das Características Superficiais .....	28
3.5.1.1.1	Revestimento Superficial Simples.....	28
3.5.1.1.2	Micro aglomerado Betuminoso a Frio .....	29
3.5.1.1.3	Lama Asfáltica .....	30
3.5.1.1.4	Microbetão Betuminoso Rugoso .....	30
3.5.1.1.5	Argamassa Betuminosa.....	31
3.5.1.1.6	Selagem de Fissuras em Pavimentos .....	31
3.5.1.2	Técnicas de Reabilitação das Características Estruturais .....	32
3.5.2	Beneficiação e Reabilitação de Pavimentos Rígidos.....	33
3.5.2.1	Reabilitação com Reforço na Estrutura .....	33
3.5.2.2	Reabilitação sem Reforço na Estrutura .....	34
3.6	Geometria de Traçado .....	35
3.6.1	Elementos Geométricos – Planimétricos.....	36
3.6.2	Elementos Geométricos – Altimétricos .....	37
3.6.3	Elementos Geométricos Transversais .....	38
3.6.3.1	Secção Transversal do Terreno.....	38
3.6.3.2	Secção Transversal de uma Estrada .....	38
3.7	Técnicas de Dimensionamento .....	39
3.7.1	Dimensionamento pavimentos flexíveis.....	39
3.7.1.1	Tráfego.....	40
3.7.1.2	Temperatura.....	41
3.7.1.2.1	Método da Shell (Claessen et al.) .....	42
3.7.1.2.2	Método analítico de Witczak .....	43
3.7.1.2.3	Método May and Witczak.....	43
3.7.1.2.4	Método PATED.....	44
3.7.1.3	Módulo de deformabilidade.....	45

3.7.2	Dimensionamento de Pavimentos Rígidos.....	49
4	Estudos de Caso .....	53
4.1	Requalificação da Avenida da República .....	53
4.1.1	Descrição .....	53
4.1.2	Análise de Intervenção .....	54
4.1.3	Estudo e Projeto .....	58
4.1.3.1	Estudo de Tráfego .....	58
4.1.3.2	Temperatura.....	60
4.1.3.3	Método da Shell (Claessen et al.).....	61
4.1.3.4	Módulo de deformabilidade .....	62
4.1.3.5	Extensões de tração .....	65
4.1.3.6	Extensões verticais .....	66
4.1.4	Resultados .....	66
4.2	Requalificação da Rua Heróis do Ultramar – Vilar de Andorinho.....	69
4.2.1	Descrição .....	69
4.2.2	Análise de Intervenção .....	70
4.2.3	Estudo.....	70
4.2.4	Projeto .....	72
4.3	Adaptação do Novo Acordo Quadro.....	76
4.3.1	Descrição .....	76
4.3.2	Caderno de Encargos.....	77
4.3.3	Mapa de Quantidades e Orçamento .....	79
4.4	Prolongamento da Rua Igreja do Paraíso – Vilar do Paraíso .....	80
4.4.1	Descrição .....	80
4.4.2	Análise de Intervenção .....	81
4.4.3	Estudo e Projeto .....	82
4.4.4	Resultados .....	87

## ÍNDICE DE TEXTO

5	Metodologias de análise e estudo das obras .....	91
5.1	Objetivos .....	91
5.2	Orçamentação.....	91
5.3	Planeamento de obras .....	93
5.3.1	Diagrama de Gantt.....	93
5.3.2	PERT .....	94
5.4	Suporte de CAD .....	95
5.4.1	Trabalho desenvolvido com o AutoCAD Civil 3D .....	95
6	Conclusão .....	103
6.1	Considerações Finais.....	103
6.2	Desenvolvimentos Futuros .....	104
	Referências Bibliográficas.....	105
	Anexos .....	107

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Marca Gráfica da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia e fotografia atual do edifício. ....	3
Figura 2.2 – Organograma parcial da Câmara Municipal de Vila .....	4
Figura 2.3 – Estrutura da Direção Municipal de Infraestruturas e Espaços Públicos.....	4
Figura 2.4 – Edifício dos Serviços Técnicos da CMVNG.....	6
Figura 3.1 - Constituição de um pavimento flexível.....	12
Figura 3.2 - Exemplo da constituição de um pavimento rígido.....	14
Figura 3.3 – Exemplo de um perfil de pavimento rígido simples.....	15
Figura 3.4 – Exemplo de um perfil de pavimento rígido simples com passadores .....	16
Figura 3.5 – Exemplo da estrutura de um pavimento semirrígido.....	17
Figura 3.6 - Exemplo da estrutura de um pavimento em cubos de granito.....	18
Figura 3.7 – Tipo de degradação: Rodeiras .....	20
Figura 3.8 – Fendilhamento: Fendas transversais no pavimento .....	21
Figura 3.9 – Fendilhamento: Pele de crocodilo.....	21
Figura 3.10 – Fenómeno de bombagem de finos [5] .....	22
Figura 3.11 – Deficiência na selagem de junta [8] .....	23
Figura 3.12 – Fissuras de retração do betão [8].....	23
Figura 3.13 – Exemplo de escalonamento de lajes [8].....	24
Figura 3.14 – Desagregação Superficial [8] .....	24
Figura 3.15 – Procedimentos para reparações de pequenas dimensões .....	26
Figura 3.16 – Procedimentos para a técnica de fresagem .....	27
Figura 3.17 – Revestimento Superficial Simples (Vicente, 2006).....	28
Figura 3.18 – Revestimento Superficial tipo “Sandwich” (Vicente, 2006) .....	29

Figura 3.19 – Revestimento Superficial Duplo (Vicente, 2006).....	29
Figura 3.20 – Micro aglomerado betuminoso a frio (Neoasfalto, 2016).....	29
Figura 3.21 – Aplicação de Lama Asfáltica (Pavimentar, 2016).....	30
Figura 3.22 – Microbetão Betuminoso Rugoso (Sanestradas, 2016) .....	31
Figura 3.23 – Selagem de Fissuras (Inteval, 2016).....	31
Figura 3.24 – Aplicação de Geogrelhas ou Grelhas de Reforço (Tensal, 2016).....	33
Figura 3.25 – Aplicação de laje em betão hidráulico com armadura (Tensar, 2016).....	34
Figura 3.26 – Tratamento de fissuras superficiais.....	34
Figura 3.27 – Reconstituição parcial da placa (Dreamstime, 2016) .....	35
Figura 3.28 – Curva horizontal com transição (Topografia Geral, 2008).....	37
Figura 3.29 – Perfil Longitudinal e Trainel de uma estrada.....	37
Figura 3.30 – Secção em Escavação.....	38
Figura 3.31 – Secção em Aterro.....	38
Figura 3.32 – Secção Mista .....	39
Figura 3.33 – Relação entre a TMMA ponderada e a temperatura de serviço nas camadas betuminosas (Shell).....	42
Figura 3.34 - Zonas climáticas de Portugal [16].....	45
Figura 3.35 - Ábaco de Van der Poel .....	46
Figura 3.36 – Correlação entre k e o valor de CBR .....	50
Figura 3.37 – Ábaco para a análise à fadiga .....	51
Figura 3.38 – Ábaco para análise ao desgaste, sem bermas em betão.....	52
Figura 4.1 - Localização da Avenida da República (Google Maps, 2016) .....	53
Figura 4.2 - Fendilhamento – Pele de crocodilo.....	54
Figura 4.3 - Deformação localizada com pequenos abatimentos .....	54
Figura 4.4 - Fendilhamento e deformação das guias de bordo.....	55
Figura 4.5 – Fendilhamento na zona das rodeiras.....	55
Figura 4.6 - Veiculo pesado a exercer carga, incita a produção de rodeiras.....	55

Figura 4.7 – Máquina caroteadora .....	56
Figura 4.8 – Localização da extração dos carotes 1, 2, 3 e 4.....	56
Figura 4.9 – Localização da extração dos carotes 5, 6, 7 e 8.....	57
Figura 4.10 – Estrutura do pavimento existente na Avenida da Republica. ....	57
Figura 4.11 – Carotes extraído nos pontos 1, 2, 3 e 4.....	58
Figura 4.12 – Carotes extraídos nos pontos 5, 6, 7 e 8. ....	58
Figura 4.13 – Classes de tráfego consideradas no Manual de Conceção de Pavimentos.....	59
Figura 4.14 – Resultados do programa de calculo automático.....	67
Figura 4.15 – Granulado de fibras de celulose das misturas SMA (Viatop, 2014) .....	68
Figura 4.16 – Diferença entre um pavimento contínuo e descontínuo (Viatop, 2014) .....	68
Figura 4.17 – Nova estrutura do pavimento para a Avenida da República.....	69
Figura 4.18 – Localização da Rua Heróis do Ultramar (Google Maps 2016) .....	69
Figura 4.19 – Faixa de rodagem existente da Rua Heróis do Ultramar - Rodeiras .....	70
Figura 4.20 – Faixa de rodagem e passeios irregulares na Rua Heróis do Ultramar.....	71
Figura 4.21 – Estacionamento desordenado na Rua Heróis do Ultramar.....	71
Figura 4.22 – Estrutura do novo pavimento da Rua Heróis do Ultramar.....	73
Figura 4.23 – Pormenor de pavimentação de uma baia de estacionamento .....	73
Figura 4.24 – Pormenor da pavimentação de passeios .....	74
Figura 4.25 – Vala para infraestruturas eletrotécnicas .....	74
Figura 4.26 – Nivelamento de tampas de câmaras de visita.....	75
Figura 4.27 – Saída de água de uma propriedade privada para a via .....	75
Figura 4.28 – Mapa de Zonas das Áreas de intervenção.....	76
Figura 4.29 – Mapa de Quantidade e Preços Unitários.....	80
Figura 4.30 - Localização do prolongamento da Rua Igreja do Paraíso (Google Maps 2016).....	81
Figura 4.31 – Áreas de intervenção junto à Rua Igreja do Paraíso .....	82
Figura 4.32 – Solução proposta para a ampliação da Rua Igreja do Paraíso.....	82
Figura 4.33 – Cruzamento entre a Rua Camilo Castelo Branco e a Rua da Igreja do Paraíso .....	83

Figura 4.34 – Vale para construção do prolongamento da Rua da Igreja do Paraíso .....	83
Figura 4.35 – Rampa de acesso à igreja.....	84
Figura 4.36 – Planta de trabalhos.....	85
Figura 4.37 – Estrutura do pavimento do prolongamento da Rua Igreja do Paraíso.....	86
Figura 4.38 – Perfil transversal da via com estacionamento.....	88
Figura 4.39 – Perfil transversal da via sem estacionamento.....	88
Figura 4.40 – Pormenor de um lancil de granito rebaixado .....	88
Figura 5.1 – Interação entre os componentes do custo total de transporte [23].....	92
Figura 5.2 – Exemplo de um Gráfico de Gantt .....	94
Figura 5.3 – Exemplo da ferramenta PERT .....	94
Figura 5.4 – Visualização dos pontos importados no Civil3D .....	95
Figura 5.5 – Linha de fronteira definida .....	96
Figura 5.6 – Definição de um alinhamento a partir de um objeto .....	96
Figura 5.7 – Janela de ferramentas para criar um alinhamento .....	97
Figura 5.8 – Opção para criar uma curva simples .....	97
Figura 5.9 – Opção para criar uma curva composta.....	98
Figura 5.10 – Perfil longitudinal criado pelo Civil3D.....	98
Figura 5.11 – Corredor e Pormenor Transversal Tipo ( <i>Assembly</i> ).....	99
Figura 5.12 –Perfis transversais criados pelo Civil3D (0+100 e 0+150 km) .....	100
Figura 5.13 – Tabela de volumes criado pelo Civil3D.....	100
Figura 5.14 – Perfis transversais com a respetiva tabela de volumes.....	101

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Famílias e tipos de degradação de um pavimento flexível.....	19
Tabela 3.2 – Elementos geométricos de uma estrada .....	35
Tabela 3.3 - Caracterização das classes de tráfego consideradas no Manual de Conceção de Pavimentos .....	41
Tabela 3.4 - Distribuição do tráfego por vias, quando existe mais de uma via por sentido (JAE, 1995) ...	41
Tabela 4.1 – Categoria de veículos.....	59
Tabela 4.2 – Número de Eixos Padrão.....	60
Tabela 4.3 – Temperaturas Médias Mensais e Fator de ponderação.....	60
Tabela 4.4 – Temperatura e fator de ponderação médio .....	61
Tabela 4.5 – Espessura arbitrada das camadas do pavimento a dimensionar .....	61
Tabela 4.6 – Temperaturas de serviço pelo método da Shell.....	62
Tabela 4.7 – Tipo de betume e espessuras das camadas betuminosas.....	63
Tabela 4.8 - Propriedades das camadas betuminosas .....	63
Tabela 4.9 – Módulos de Deformabilidade das camadas pelo Método da Shell.....	64
Tabela 4.10 – Valor da rigidez do betume e da extensão de tração admissível .....	65
Tabela 4.11 – Dados para a obtenção das extensões de tração .....	65
Tabela 4.12 – Resultados das Extensões de tração.....	66



## **ABREVIATURAS**

ABGE – Agregado Britado de Granulometria Extensa

ABGEC – Agregado Britado de Granulometria Extensa tratado com cimento

BB – Betão Betuminoso

CBR – *California Bearing Ratio*

CCP – Código dos Contratos Públicos

CMVNG – Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia

CTE – Condições Técnicas Especiais

CTG – Condições Técnicas Gerais

DCCEEP - Divisão de Conceção e Construção de Equipamentos e Espaços Públicos

EMBAM – Módulo de deformabilidade da mistura betuminosa

HMAC – *High Modulus Asphalt Concrete*

IC - Itinerários Complementares

IP - Itinerários Principais

JAE – Junta Autónoma de Estradas

IPEN – Índice de Penetração do Betume

MB – Macadame Betuminoso

PCA – *Portland Cement Association*

PERT – *Program Evaluation and Review Technique*

PHB – Pedra Hexagonal de Betão

SMA – *Stone Mastic Asphalt*

TAB – Temperatura de amolecimento

TMDA – Tráfego Médio Diário Anual

*ABREVIATURAS*

TMDAp – Tráfego Médio Diário Anual de Pesados

TMM – Temperatura Média Mensal do Ar

VCI – Via de Cintura Interna

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 ENQUADRAMENTO**

O presente documento enquadra-se no âmbito de algumas beneficiações de vias no Município de Vila Nova de Gaia.

Vila Nova de Gaia é uma cidade portuguesa da Área Metropolitana do Porto e da Região Norte. Este município está localizado na margem sul da foz do rio Douro, apresenta 168,46 km<sup>2</sup> de área e está subdividido em 15 freguesias: Arcozelo, Avintes, Canelas, Canidelo, Grijó e Sermonde, Gulpilhares e Valadares, Madalena, Mafamude e Vilar do Paraíso, Oliveira do Douro, Pedroso e Seixezelo, Sandim, Olival, Lever e Crestuma, Santa Marinha e São Pedro da Afurada, São Félix da Marinha, Serzedo e Perosinho e Vila de Andorinho.

As estradas são redes fundamentais no desenvolvimento das cidades, regiões e países contribuindo para o desenvolvimento sustentável dos locais onde se localizam. A qualidade e a acessibilidade das mesmas são fatores essenciais para a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos permitindo uma permuta social, cultural e económica. Mesmo existindo outras vias de comunicação, outras redes de transportes, a rede rodoviária é a infraestrutura mais importante pois garante acessibilidade a todos os pontos do país.

Uma circulação em condições adequadas de conforto, segurança e economia são características que as estradas devem proporcionar. Para obter este efeito é necessário um projeto bem dimensionado e sua boa execução, em articulação com os demais fatores condicionantes como por exemplo planos diretores.

As estradas municipais apresentam características próprias que carecem de cuidados particulares e personalizados. O que mais as distingue são as baixas velocidades praticadas e os menores volumes de tráfego, o que leva muitas vezes a metodologias de dimensionamento de pavimentos distintos.

## **1.2 OBJETIVOS**

O presente relatório teve como principais objetivos a identificação de patologias, insuficiências dos pavimentos rodoviários e a sua requalificação de forma a conseguir um bom desempenho em termos de eficiência funcional e económica; selecionar um traçado eficaz compreendendo os custos associados a terraplenagens e pavimentação; lidar com elementos reais de projeto e procurar desenvolver soluções

mais eficientes na relação função/custo/benefício. Particularmente, desenvolver as necessárias competências, bem como a aquisição de conhecimentos, que permitam compreender os aspetos metodológicos e as práticas de conceção no domínio da execução e dimensionamento dos projetos em estudo. Procurou-se ainda desenvolver competências ao nível de programas de cálculo de dimensionamento, AutoCAD, AutoCAD Civil3D e estudar algumas das condições técnicas para que as obras sejam executadas corretamente.

### **1.3 METODOLOGIA**

A metodologia usada no presente relatório visou, com recurso a quatro casos de estudo e em conjunto com a Divisão de Conceção e Construção de Equipamentos e Espaços Públicos (DCCEEP), utilizar diferentes bases de dados de forma a conseguir melhores soluções para as requalificações assim como promover uma boa aprendizagem do aluno para posteriormente projetar.

Foi possível tirar o melhor proveito de todo o tempo e recurso, tendo sido cedida a oportunidade de consultar as condições técnicas gerais da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia assim como outros projetos já executados. Também foi possível o intercambio de ideias técnicas com outras equipas, como por exemplo de arquitetura.

### **1.4 ESTRUTURA**

Relativamente à organização deste trabalho, são apresentados seis capítulos. No primeiro são apresentados os assuntos abordados, assim como a metodologia e os objetivos. O capítulo 2, denominado por “Entidade de Acolhimento” descreve a CMVNG, local de estágio, de forma a permitir um maior conhecimento da entidade. O capítulo 3, “Descrição Teórica”, foi dedicado à pesquisa que serve de base para o trabalho a desenvolver: tipologia de pavimentos, caracterização da degradação de pavimentos, técnicas de conservação de pavimentos, metodologias de beneficiação e reabilitação, geometria de traçado e técnicas de dimensionamento. No capítulo 4, “Estudos de Caso”, foram descritos todos os processos práticos realizados nos diferentes projetos e apresentada cada solução. No capítulo 5, “Metodologias de análise e estudo das obras”, alude à importância da orçamentação, do planeamento de obras, de cláusulas técnicas e foi apresentada a folha de cálculo para dimensionamento de pavimentos e programas com suporte CAD. Por fim, o capítulo 6 destina-se à “Conclusão” onde houve uma reflexão sobre a aprendizagem obtida, sendo referida a concretização ou não dos objetivos e a explicação dos mesmos. Também foi neste capítulo final que foi abordada a importância do trabalho executado e o crescimento pessoal obtido, assim como são referenciados desenvolvimentos futuros.

## 2 ENTIDADE DE ACOLHIMENTO

### 2.1 DESCRIÇÃO

A Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia, órgão executivo colegial do município, dotado de autonomia administrativa, financeira e patrimonial, tem como valores promover a satisfação das necessidades das comunidades locais, nomeadamente no que respeita ao desenvolvimento socioeconómico, ao ordenamento do território, ao abastecimento público, ao saneamento básico, à saúde, à educação, à cultura, ao ambiente e ao desporto. Neste momento tem como presidente Eduardo Vítor Rodrigues que tem vindo a procurar um desenvolvimento integrado e de continuidade de modernização em áreas de atratividade económica para o município e de grande aproximação com a população.

A marca gráfica do Município de Vila Nova de Gaia, figura 2.1, destaca o complexo arquitetónico dos Paços do Concelho e pretende valorizar um património institucional muito valioso e convertê-lo numa força intangível de coesão e identificação, em torno da qual se reúnam todos os gaienses, promovendo assim o poder simbólico da Câmara Municipal como lugar vital da cidadania.



Figura 2.1 – Marca Gráfica da Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia e fotografia atual do edifício.

### 2.2 ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

Na figura 2.2 é apresentado o organograma parcial da CMVNG, de modo a dar a conhecer a instituição, particularmente a divisão onde o estágio foi inserido.

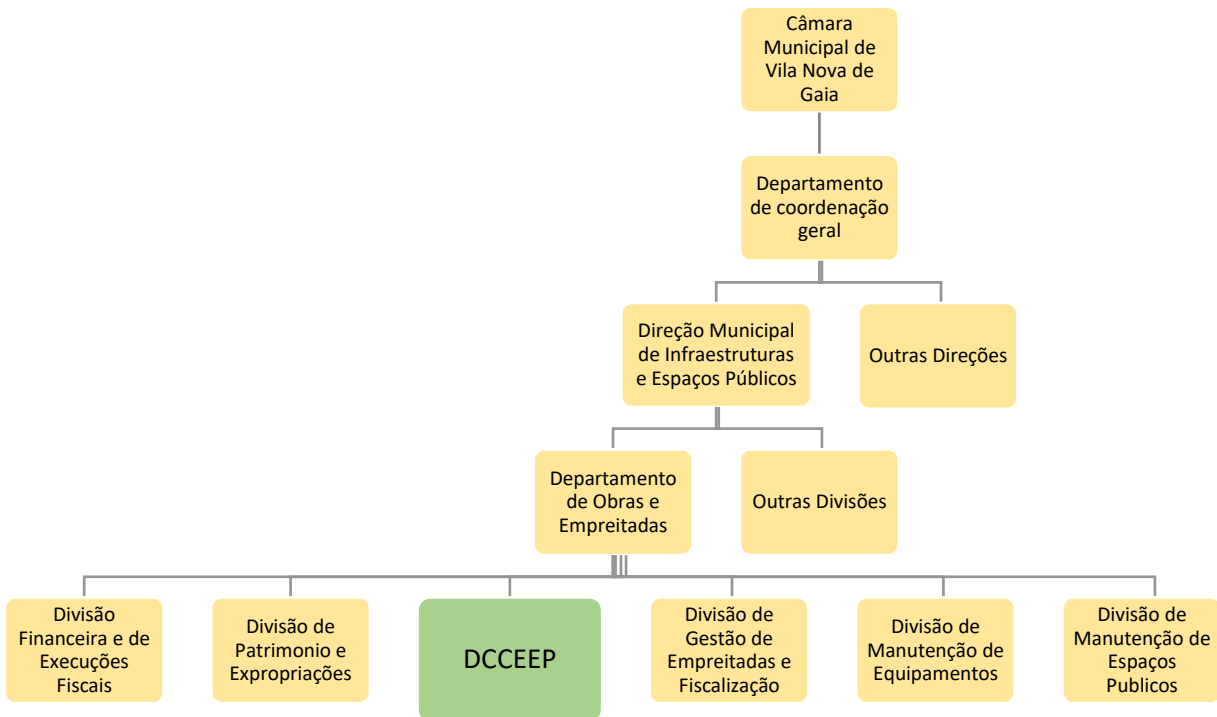


Figura 2.2 – Organograma parcial da Câmara Municipal de Vila

Como se pode ver na figura 2.3, o Departamento de Obras e Empreitadas pertence à Direção Municipal de Infraestruturas e Espaços Públicos e inclui a Divisão de Conceção e Construção de Equipamentos e Espaços Públicos, dirigido pelo Eng.º Rui Ramos.

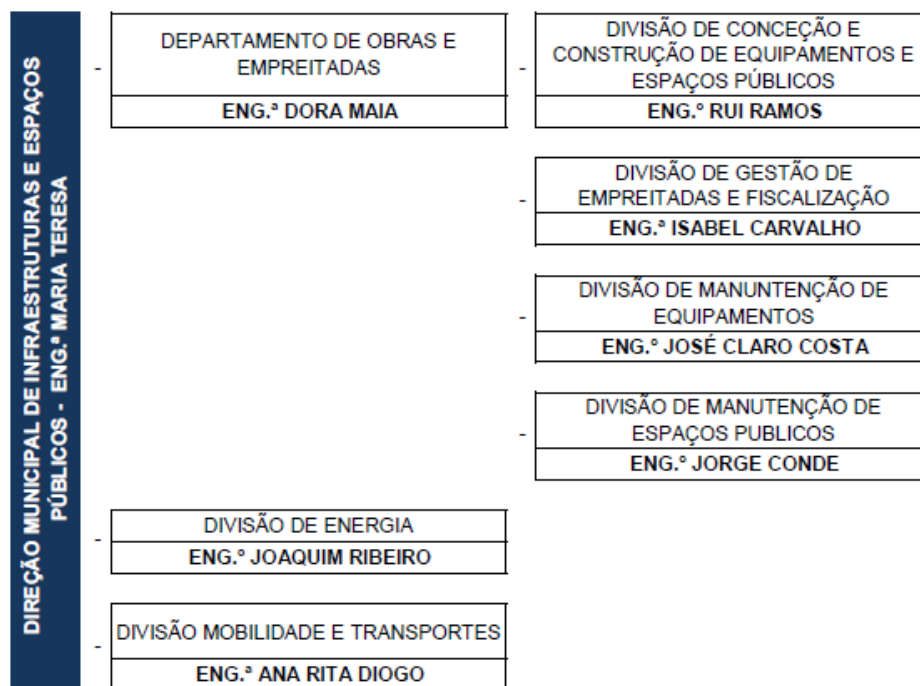


Figura 2.3 – Estrutura da Direção Municipal de Infraestruturas e Espaços Públicos

O estágio foi desenvolvido na Divisão de Conceção e Construção de Equipamentos e Espaços Públicos que se encontra no edifício dos Serviços Técnicos. Esta divisão é a responsável pela execução de obras na via pública, que são maioritariamente executadas por administração direta.

O organograma completo da CMVNG encontra-se no Anexo A, do presente relatório.

## **2.3 COMPETÊNCIAS**

No âmbito da organização e funcionamento dos seus serviços e no da gestão corrente compete à Câmara elaborar e aprovar o regimento; executar e velar pelo cumprimento das deliberações da assembleia municipal; proceder à marcação e justificação das faltas dos seus membros; determinar a locação e aquisição de bens móveis e serviços, ceder os bens móveis que se tornem dispensáveis; aceitar doações, legados, heranças a benefício de inventário; aprovar projetos, programas de concurso, caderno de encargos e a adjudicação relativamente a obras e aquisições de bens e serviços; deliberar sobre a administração de águas públicas sob sua jurisdição; promover a publicação de documentos; deliberar sobre o estacionamento de veículos nas ruas e demais lugares públicos; estabelecer a denominação das ruas e praças das povoações e estabelecer as regras de numeração dos edifícios; enviar ao Tribunal de Contas, nos termos de lei, as contas do município.

No âmbito do planeamento e do desenvolvimento, compete à câmara produzir e submeter os planos necessários à realização das atribuições municipais com aprovação da assembleia municipal; participar, com outras entidades, no planeamento que diretamente se relacione com as atribuições e competências municipais, emitindo parecer para submissão, a deliberação da assembleia municipal; elaborar e submeter a aprovação da assembleia municipal as opções do plano e a proposta de orçamento e as respetivas revisões; realizar as opções do plano e orçamentos aprovados, bem como aprovar possíveis alterações; Criar, construir e gerir instalações, equipamentos, serviços, redes de circulação, de transportes, de energia, de distribuição de bens e recursos físicos integrados no património municipal ou colocados, por lei, sob a administração municipal; indicar os representantes do município nos concelhos locais, nos termos da lei.

No âmbito consultivo compete à câmara participar em órgãos consultivos de entidades da administração central, nos casos estabelecidos por lei; emitir parecer sobre projetos de obras não sujeitas a licenciamento municipal.

Na matéria de licenciamento e fiscalização compete à câmara, para construção, utilização, conservação ou demolição de edifícios, deferir licenças nos casos e nos termos estabelecidos por lei; efetuar vistorias e executar a atividade fiscalizadora atribuída por lei; nas construções que ameacem ruína ou constituam

perigo para a saúde ou segurança das pessoas, deliberar, precedendo vistoria, a demolição total ou parcial ou a beneficiação; emitir licenças, matrículas, transferências de propriedade e respetivas verbas e proceder a exames, registos e fixação de contingentes relativamente a veículos.

Em particular, compete à Divisão de Conceção e Construção de Equipamentos e Espaços Públicos elaborar estudos e projetos das diversas especialidades, ou emitir parecer sobre os mesmos, no âmbito da construção de novas vias e equipamentos municipais e da reabilitação das existentes, bem como das intervenções em espaço público; proferir, coordenar e promover o planeamento anual das intervenções na via pública, designadamente a sua caracterização e programação; proceder às ações necessárias à implantação, manutenção e extensão de sistemas de iluminação em vias municipais e espaços públicos em articulação com a Divisão de Energia; analisar projetos e infraestruturas viárias no âmbito do licenciamento de operações urbanísticas bem como verificar a conformidade da execução das obras respetivas; Analisar, coordenar, acompanhar e fiscalizar as intervenções na via pública, particularmente os processos de ocupação do subsolo, construção, alteração, substituição, manutenção ou reparação de redes elétricas, de comunicações eletrónicas, de televisão, de televisão por cabo, de gás, de águas e saneamento, independentemente das entidades responsáveis pela sua execução; coordenar projetos, construção e manutenção dos Equipamentos Educativos e Escolares.

## 2.4 DESCRIÇÃO DA DCCEEP

Como já foi referido anteriormente, o estágio foi realizado na DCCEEP, uma das quatro divisões do Departamento de Obras e Empreitadas da CMVNG situada no edifício dos Serviços Técnicos, figura 2.4.



Figura 2.4 – Edifício dos Serviços Técnicos da CMVNG

Nesta Divisão a estagiária esteve inserida numa equipa de quatro elementos, dois engenheiros e duas arquitetas. Às arquitetas, Arq. Dora Lima e Arq. Odília Brandão, incumbe a responsabilidade de gerir o espaço da via pública procurando uma união entre a função e a forma com o objetivo de conciliar a estética às necessidades funcionais. Idealizam a melhor solução para o projeto propondo intervenções

considerando o contexto histórico, cultural, social e económico. Aos engenheiros, Eng. Abel Abrantes, orientador da estagiária e Eng. Luís Fernandes, compete-lhes a elaboração dos estudos e projetos das vias municipais. É também da sua responsabilidade planear, coordenar e proceder às ações necessárias na construção e requalificação da rede municipal de Vila Nova de Gaia.

Durante o período de estágio foram vários os trabalhos em que foi possível participar estando apenas descritos no presente relatório os quatro mais relevantes, mencionados em primeiro lugar:

- Requalificação da Avenida da República - Mafamude;
- Requalificação da Rua Heróis do Ultramar – Vilar de Andorinho;
- Prolongamento da Rua Igreja do Paraíso – Vilar do Paraíso;
- Adaptação do Novo Acordo Quadro;
- Requalificação da Rua Oliva Teles – Arcozelo;
- Ligação da Rua das Ameixoeiras à EN 109 – Gulpilhares.

Foram várias as atividades e trabalhos realizados na DCCEEP que permitiram desenvolver variadas competências a nível de capacidades de trabalho tanto individualmente como em grupo, desenvolvimento da capacidade de autonomia durante o desenvolvimento dos projetos, assim como foi possível conciliar, adquirir e aplicar conhecimentos relacionados com a área de estudo. De seguida enumeram-se atividades desenvolvidas no decorrer do estágio:

- Elaboração da planta de localização das vias em análise;
- Elaboração das plantas de enquadramento;
- Registo fotográfico dos vários espaços e intervenções;
- Conhecimentos de condições técnicas para a dimensões de vias e passeios;
- Levantamento, análise e caracterização da via;
- Dimensionamento de pavimentos;
- Elaboração de plantas de traçado e trabalho;
- Elaboração de plantas de pavimentação final;
- Elaboração de perfis longitudinais e transversais;
- Criação de pormenores construtivos;
- Elaboração de mapas de quantidades e orçamentação;

## *CAPÍTULO 2*

- Visitas a locais em intervenção para um melhor entendimento dos processos de execução dos trabalhos.

## **3 DESCRIÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

A necessidade de deslocação de pessoas e bens, motivou a construção de caminhos e de estradas, assim como a necessidade de que esses caminhos, ou essas estradas, permitissem o tráfego em qualquer época do ano gerando a evolução dos revestimentos, evoluindo até o que hoje se conhece como pavimento.

Desde o início dos tempos que a humanidade usa os “trilhos” para uma melhor locomoção e movimentação natural, e muitos destes “trilhos” vieram a tornar-se em importantes rotas de movimentação de grandes massas humanas.

Embora existam alguns dados históricos dos primeiros passos na construção de “caminhos” e melhoramentos destas rotas, executados pelos Persas e Egípcios, foi com a ascensão do Império Romano que estas construções não só evoluíram, mas alcançaram um novo status e classificação hierárquica.

A rede viária até aqui construída não se encontrava pavimentada, salvo algumas exceções no interior das cidades e nas suas proximidades. A construção de estradas iniciou-se durante a República Romana, mas cresceu extraordinariamente durante o Império. Esta rede inicialmente teria sido desenhada para fins políticos mas tornou-se essencial para o comércio. Parte delas conservam-se ainda hoje, tipicamente protegidas como Património Mundial ou nacional.

As estradas tipicamente regulares, com grandes pedras e bermas delineadas eram uma rede de comunicações originária da península Itálica que ligava Roma a todo o seu império em expansão.

A primeira via foi criada em 312 a.C., por Ápio Cláudio Cego, para unir Roma e a cidade de Cápua, sendo denominada de Via Ápia. Com o tempo, o conjunto do território da península Itálica estava dotado com grandes artérias, ostentando cada rota o nome do magistrado que a criara. Estas vias não estavam pavimentadas salvo excecionalmente, no interior das cidades e nas suas proximidades [1].

Os romanos notabilizaram-se acima de tudo como grandes engenheiros preocupados com as condições de vida, construindo sofisticadas infraestruturas como canalizações, aquedutos e as estradas. Estas obras estenderam-se por todo o Império, e grande parte do seu sucesso e divulgação deveu-se à extensa rede viária [1].

Apesar de não oferecer o conforto do betão betuminoso dos dias de hoje, pois as rochas de basalto não proporcionavam grande continuidade e suavidade ao terreno, a verdade é que essas rochas se encontram ainda bem fixadas nos percursos, 2000 anos depois. Isto deve-se, provavelmente, à técnica de preparação do terreno, em que eram colocadas várias camadas de materiais para assegurar a sua estabilidade e, só no final, o revestimento, com as rochas.

Portugal não é exceção e conta já com 3000 km de autoestrada que correspondem a cerca de metade da extensão da rede de Itinerários Principais (IP) e Complementares (IC) sendo que a totalidade das estradas portuguesas totaliza mais de 16500 km de extensão [2].

Existem muitas estradas modernas que ainda seguem o traçado original romano. Partindo desta génese otimizaram-se as técnicas e os materiais à realização dessas grandiosas infraestruturas que como já se viu, se tornaram no motor de expansão e desenvolvimento da civilização como um todo.

Todo este desenvolvimento ao nível das técnicas e materiais levaram ao crescimento exponencial da rede rodoviária desenvolvendo-se por isso elos de ligação com outros sectores económicos e sociais.

Com o preço do petróleo cada vez mais elevado e a necessidade de pavimentos mais duradouros e resistentes, diferentes dos pavimentos tradicionais, capazes de assegurar os acréscimos de tráfego e de carga dos veículos, torna-se necessário utilizar métodos de dimensionamento baseados em análises estruturais capazes de fornecer resultados mais adequados ao dimensionamento racional de novos materiais e técnicas de pavimentação, conseguindo-se obter projetos tecnicamente mais adequados às novas exigências e económicos.

De momento, a maior parte dos pavimentos rodoviários já são constituídos por misturas betuminosas, o que permite um bom desempenho e uma adequada durabilidade, nas condições usuais de serviço.

## **3.2 TIPOLOGIA DE PAVIMENTOS**

Os pavimentos podem subdividir-se em três categorias: flexíveis, rígidos, ou ainda numa junção de ambos, denominados por semirrígidos.

De uma forma generalizada associam-se os pavimentos flexíveis às misturas betuminosas, os pavimentos rígidos às camadas em betão hidráulico e os semirrígidos à junção dos dois, em que as camadas superiores são geralmente em misturas betuminosas e as intermédias em betão hidráulico.

O pavimento de uma estrada é constituído por uma combinação de camadas colocadas horizontalmente sobre o terreno de forma a proporcionar uma superfície cómoda e segura para a circulação dos veículos, no período da sua vida útil.

Os pavimentos são classificados de acordo com os seus materiais constituintes, os quais estão diretamente relacionados com o seu comportamento estrutural. O tipo de pavimento a adotar depende entre outras coisas dos seguintes pontos [3]:

- Categoria da estrada;
- Condições climatéricas;
- Tráfego previsto;
- Condições do terreno de fundação.

No que diz respeito aos materiais constituintes da fundação do pavimento, o leito do pavimento é, em geral, constituído por solos ou materiais granulares [3]. Em relação às sub-bases, utilizam-se materiais mais nobres, de melhor qualidade, recorrendo-se para tal a solos selecionados, agregados britados de granulometria extensa ou a solos ou agregados com adição de ligantes hidráulicos [3].

A camada de base é constituída por agregados britados de granulometria extensa, sendo que é possível recorrer ao seu tratamento através de ligantes hidráulicos ou betuminosos. Pode assim ter-se, por exemplo, bases de macadame betuminoso [3].

A degradação do pavimento inicia-se assim que os veículos começam a circular no mesmo. Existem ainda outros fatores de degradação como os agentes atmosféricos (chuva, gelo, vento, radiação solar, etc.) que mesmo com um tráfego nulo podem degradar o pavimento. A ruína de um pavimento acontece quando a qualidade da superfície diminui e a circulação dos veículos deixa de ser efetuada em condições de segurança e conforto.

### **3.2.1 Pavimentos flexíveis**

A constituição de um pavimento flexível pode ser muito diversa. O pressuposto deste tipo de pavimento é que as camadas superiores (desgaste, regularização e base) sejam misturas betuminosas e as camadas entre estas e o solo de fundação sejam em materiais granulares, como se pode ver na figura 3.1.

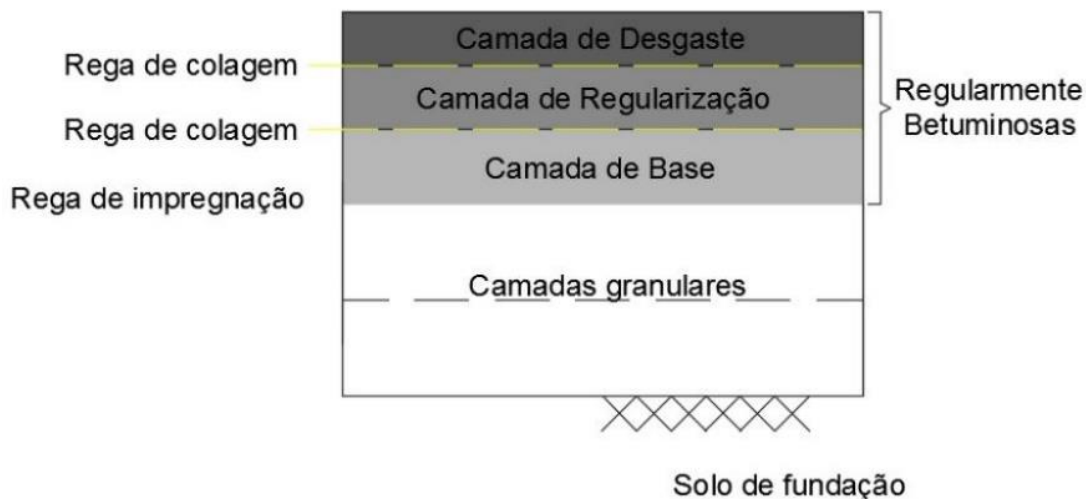


Figura 3.1 - Constituição de um pavimento flexível

As espessuras das camadas que geralmente se utilizam num pavimento flexível são as seguintes:

- Camada de Desgaste 4-8 [cm]
- Camada de Regularização 4-10 [cm]
- Camada de Base 10-20 [cm]
- Sub-base 15-40 [cm]

A resistência estrutural dos pavimentos flexíveis é dada pelas diferentes camadas que o constituem assim como os materiais usados no qual a resistência e rigidez são fundamentais. A camada mais importante é a de base pois recebe os esforços de tráfego provenientes da camada de desgaste, uniformiza as tensões e posteriormente transmite-as para a camada de sub-base.

Camadas constituintes deste tipo de pavimento:

- **Camada de desgaste:** é a camada superior do pavimento e na qual circula diretamente o tráfego. Deve apresentar uma superfície lisa, regular, não derrapante e resistente ao desgaste contínuo do tráfego, conferindo as condições de segurança e conforto para os utilizadores. Esta camada é em mistura betuminosa, constituída por uma mistura de agregados e betume. Os agregados têm uma maior percentagem na camada de cerca de 85 a 90% e têm como função resistir ao desgaste imposto pelas solicitações e suportar e transmitir as cargas provenientes do tráfego para a camada de base. O betume constitui o restante material com cerca de 10 a 15% e tem como função ligar os agregados, tratando-se de um elemento aglutinante e impermeabilizador da camada [4].

- Camada de regularização: a sua função é receber as cargas derivadas do tráfego e transmitidas pela camada de regularização, uniformizar as tensões e posteriormente transmitir para a camada de base. Esta camada é constituída por uma mistura betuminosa.
  - Camada de base: é a camada estrutural mais importante dos pavimentos flexíveis. Tem como função receber as cargas transmitidas pela camada de regularização, uniformizar as tensões e posteriormente transmitir para a camada de sub-base. É constituída por material granular compactado.
  - Camada de sub-base: é utilizada para reduzir a espessura da base, tem como funções receber os esforços provenientes da camada de base e redistribuir os esforços para a fundação, drenar as infiltrações que poderão ocorrer nas camadas superiores e impedir a ascensão da água capilar evitando que atinjam as camadas nobres do pavimento. Das vantagens da utilização deste tipo de pavimento, destaca-se a facilidade e rapidez de reparação e a adaptação a eventuais deformações das camadas inferiores. Para o seu dimensionamento torna-se necessário conhecer o tráfego, pois as características do tráfego influenciam a degradação do pavimento. As condições climáticas e de fundação são também dados essenciais no dimensionamento dos pavimentos flexíveis.
- Leito do pavimento: esta camada tem como objetivos, evitar a deformação do solo e homogeneizar as características mecânicas da fundação. Trata-se de uma plataforma construtiva e é constituída por materiais de granulometria extensa.

Estes tipos de pavimentos são chamados de flexíveis uma vez que estrutura do pavimento flete devido às cargas do tráfego. Uma estrutura de pavimento flexível é composta geralmente por diversas camadas de materiais que podem acomodar esta flexão da estrutura.

Em todos os tipos de pavimentos, geralmente, a camada de sub-base é em material granular. No caso de bases em materiais granulares, esta é a camada mais resistente, no entanto devido ao número de vazios esta camada acaba por deformar na zona das rodeiras e este desnível nota-se naturalmente à superfície do pavimento.

### **3.2.2 Pavimentos rígidos**

Nos pavimentos rígidos, as funções estruturais são essencialmente asseguradas por uma laje em betão de cimento com uma grande resistência à flexão. A laje de betão assume geralmente a função de camada de desgaste e de base, simultaneamente. As camadas constituintes de um pavimento rígido são basicamente uma laje em betão hidráulico assente numa camada de fundação de ABGE, por vezes tratada com cimento, como se pode ver na figura 3.2.

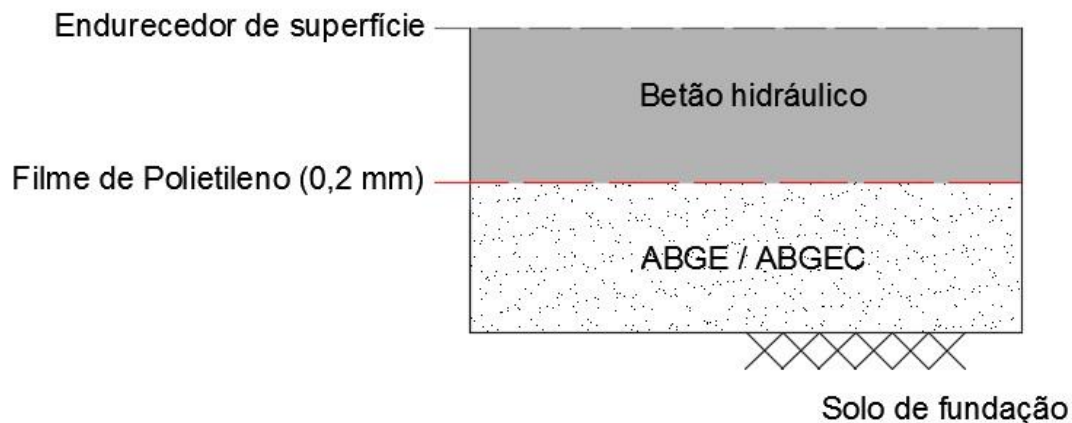


Figura 3.2 - Exemplo da constituição de um pavimento rígido

As razões da utilização deste tipo de pavimento em relação a um pavimento flexível são:

- Durante a sua vida útil os encargos para manutenção são inferiores e os cuidados com os requisitos da fundação também são inferiores em relação aos pavimentos flexíveis, apesar do custo inicial ser superior aos pavimentos flexíveis;
- A rigidez estrutural é concedida pela laje, porque o módulo de deformabilidade do betão é consideravelmente superior ao dos materiais das restantes camadas.

De forma a serem evitados assentamentos diferenciais, que originam degradações no pavimento, estas camadas devem ser bem compactadas [3].

Descrição das camadas constituintes de um pavimento rígido:

- Camada de desgaste: é uma laje de betão hidráulico e é a camada estrutural do pavimento que suporta, redistribui e transfere para as camadas inferiores os esforços provenientes do tráfego. Deve apresentar características de drenagem e ser impermeável. Deve apresentar também uma superfície regular de modo a que o tráfego possa circular em segurança, com conforto e com economia.
- Camada de base: esta camada serve de apoio à laje de betão. Trata-se de uma camada constituída por um material granular de granulometria extensa, brita, que serve para uniformizar os esforços da laje e transmiti-los à camada de sub-base.
- Camada de sub-base: pode não existir, sendo complementar à camada de base. Tem como objetivo impedir que as águas capilares atinjam a base, garantindo boas condições resistentes aos esforços a que está sujeita. É constituída por solos ou materiais granulares (granulometria extensa, permeáveis e com características de resistência e deformabilidade compatíveis).

Os pavimentos rígidos podem ser constituídos em betão com juntas, betão com juntas e passadores, betão armado com juntas e betão armado contínuo:

- Betão com juntas: uma vez que as lajes de betão apresentam uma grande área de exposição ao ar, o betão a utilizar deve ser de elevada qualidade de modo a sofrer menos retração, por exemplo devido às variações de temperatura e que tenha resistência suficiente para absorver estes esforços. Tratando-se de lajes de betão simples sem armaduras, a qualidade do betão toma uma maior importância para absorver os esforços de tração resultantes da flexão. É necessário então um betão de maior resistência, sendo que para tal acontecer a quantidade de cimento a utilizar é maior, o que para além de encarecer o material torna a estrutura mais retráctil. Para uma maior economia, é importante utilizar relações de água/cimento adequadas inferiores a 0,5, não prejudicando a economia ou o desempenho estrutural, tendo o cuidado de ter uma boa trabalhabilidade [4]. Este tipo de pavimento só é viável caso o espaçamento entre juntas seja pequeno, 4 a 7 metros [4]. Na Figura 3.3 apresenta-se um exemplo de um perfil de pavimento rígido simples, com juntas.

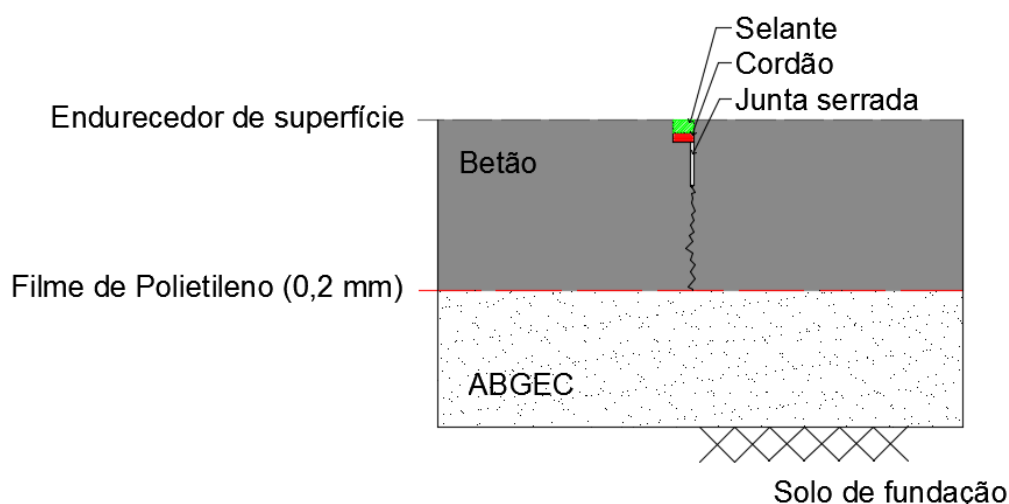


Figura 3.3 – Exemplo de um perfil de pavimento rígido simples

- Betão com juntas e passadores: têm estrutura em tudo idêntica aos de betão unicamente com juntas, mas com a diferença de apresentarem na sua estrutura varões de aço que permitem a transmissão de esforços entre lajes: passadores ou varões de transmissão de cargas. Os diâmetros, comprimentos e espaçamentos destes varões são variáveis, de acordo com as condições de cada obra e exigências ao nível estrutural, devendo o espaçamento entre juntas não ultrapassar os 7 metros [3]. Na Figura 3.4 apresenta-se um exemplo de um perfil de pavimento rígido simples com passadores.

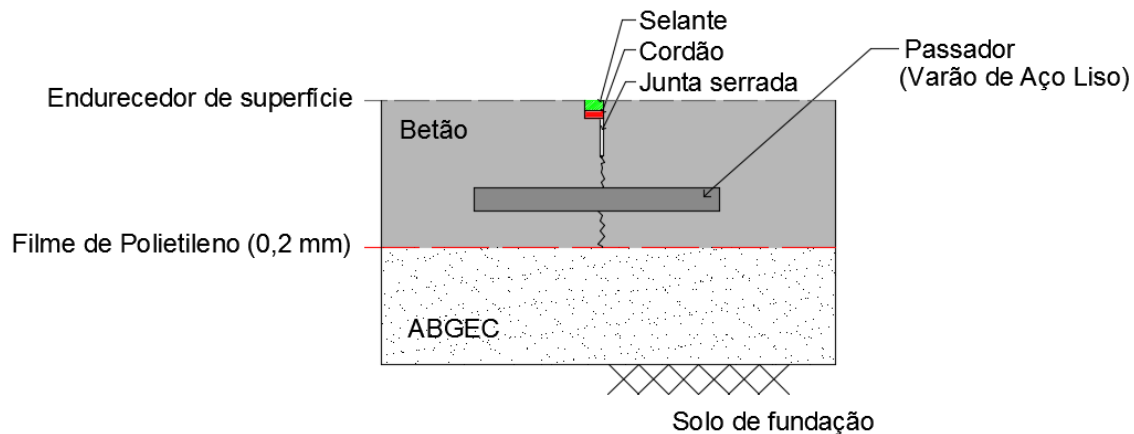


Figura 3.4 – Exemplo de um perfil de pavimento rígido simples com passadores

- **Betão armado com juntas:** estrutura é caracterizada por apresentar uma malha de varões nas placas de betão. Esta malha de varões tem como objetivo principal reduzir o fendilhamento e deformações devidas, por exemplo, a variações de temperatura, empenamento, etc. A introdução desta malha também possibilita uma maior distância entre juntas, podendo atingir espaçamentos de 10 a 15m aproximadamente. A quantidade de armadura a introduzir é de cerca de 1% [4], [6]. Atualmente, a malha de armadura mais utilizada é a malhasol, com a vantagem de ser pré-fabricada. [4] A transferência de cargas através das juntas é assegurada pelos passadores ou varões de transmissão de cargas.
- **Betão armado contínuo (BAC):** caracteriza-se por apresentar armadura distribuída em toda a sua extensão, sendo evitada assim a utilização de juntas. O objetivo desta armadura é garantir a não ocorrência de fendas, pelo facto de não haver juntas pelos motivos já referidos (retração e variações de temperatura). As únicas juntas existentes neste tipo de estrutura são as juntas de construção originadas pelo faseamento da obra. A existência ou não de juntas longitudinais depende do processo de construção [4]. Em relação às quantidades de armadura, estas estão compreendidas entre os 0,5 e 0,7% da área da secção da laje do pavimento [6].

O fendilhamento no betão deve ser controlado de modo a não se correr o risco de haver a ocorrência de fendas muito largas, permitindo infiltrações. Estas infiltrações podem ocorrer também nas juntas, pelo que se procede ao preenchimento das juntas com materiais selantes e deformáveis que evitem as infiltrações [5]. De modo a impedir ou controlar o fendilhamento pode ser utilizado na camada de desgaste betão reforçado através da adição de fibras à sua constituição. Como por exemplo a adição de fibras de aço ao betão, estas têm como finalidade inibir a abertura de fendas, bem como a sua propagação. Devido a esta inibição, o material apresenta uma maior capacidade de se deformar e absorver esforços. Portanto, um material com estas características possibilita uma diminuição da espessura das lajes e mostra-se mais adequado para pavimentos que apresentem tráfego elevado [7].

### 3.2.3 Outros Tipos de Pavimentos

Existem outros tipos de pavimentos para além dos referidos anteriormente:

- Pavimentos semirrígidos: caracterizam-se por serem constituídos por um revestimento betuminoso, bases tratadas com cimento de elevada rigidez em que, devido ao aumento de rigidez e consequente módulo de elasticidade, é absorvida a maioria dos esforços de tração, e sub-bases de materiais granulares. Este tipo de pavimentos é em tudo semelhante aos pavimentos flexíveis com a diferença de na camada de base apresentarem outro tipo de material na sua constituição: betão pobre ou ABGEC. Na Figura 3.5 apresenta-se um exemplo da estrutura de um pavimento semirrígido.

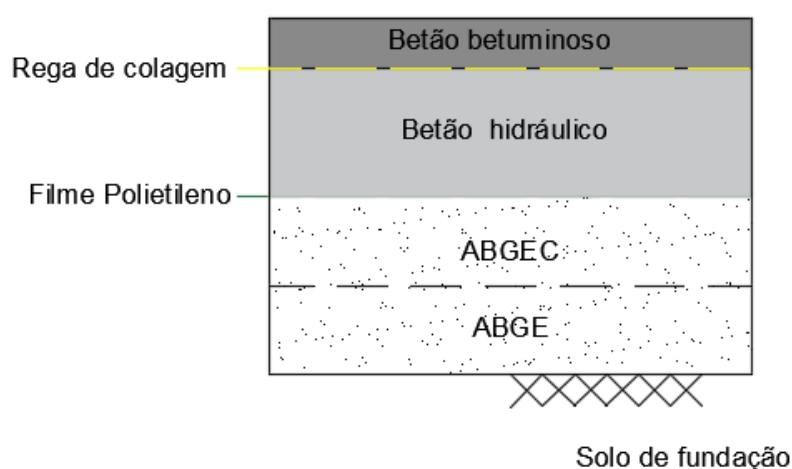


Figura 3.5 – Exemplo da estrutura de um pavimento semirrígido.

- Pavimentos granulares: apenas asseguram uma superfície e descrevem um trajeto de menor importância e pouco utilizado. A espessura é variável, mas superior a 15cm e o pavimento é composto apenas por ABGE, que se tenta regularizar de forma a ter um bom comportamento.

- Pavimentos em cubos ou paralelos de granito - têm uma composição idêntica a um elemento pré-fabricado. É muito utilizado nas zonas mais rurais, em passeios e baias de estacionamento. Pode contemplar uma base de betão pobre, mas normalmente tem ABGE, uma camada intermédia de almofada de areia para assentar o revestimento e a superfície é em cubos de granito. A vantagem deste pavimento é a alta capacidade de drenagem e a fácil reparação, enquanto que a elevada trepidação e a possível perda de aderência após algum tempo de vida útil são algumas desvantagens. Na Figura 3.6 apresenta-se um exemplo da estrutura de um pavimento em cubos de granito.

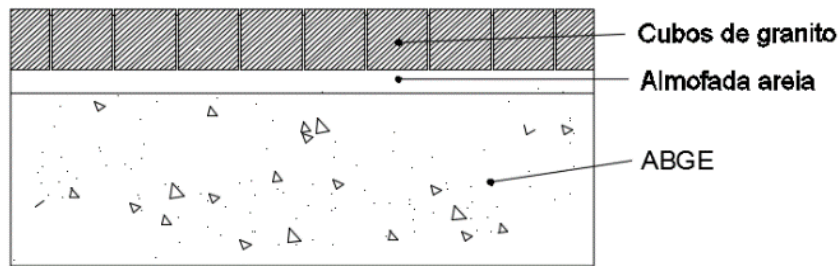


Figura 3.6 - Exemplo da estrutura de um pavimento em cubos de granito

- Pavimento em microcubos de granito - estes pavimentos são aconselháveis em locais exclusivamente pedonais pois apresentam uma resistência baixa. Têm estrutura idêntica à dos pavimentos em cubo, mas com dimensões de 5x5x5cm enquanto o cubo tem de aresta 11cm.

- Pavimento em betonilha esquadrelada: é um pavimento rígido que contempla a sub-base em ABGE, base em betão de cimento e uma camada de desgaste de cerca de 2 a 4cm em betonilha de cimento. Este pavimento é frequentemente utilizado em passeios e em caso de não haver esforços elevados têm uma duração elevada.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE PAVIMENTOS

#### 3.3.1 Pavimentos Flexíveis

A degradação dos pavimentos flexíveis está associada à deterioração da qualidade dos materiais constituintes das camadas que fazem parte da constituição de um pavimento. Esta pode ser provocada pela atuação das ações já referidas, de um projeto desapropriado às necessidades e/ou problemas no processo construtivo. A evolução das degradações dos pavimentos e conseqüente alteração do seu comportamento é um processo algo complexo, pois cada ação provoca mudanças específicas em cada material constituinte de um pavimento [8].

De modo a ser efetuada a escolha do tipo de intervenção a realizar e para estabelecer um planeamento adequado para a intervenção, torna-se necessário ter conhecimento do estado atualizado da degradação do pavimento.

As degradações podem ser das seguintes famílias:

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

Na Tabela 3.1 é possível observar as famílias e tipos de degradação de um pavimento flexível.

Tabela 3.1 – Famílias e tipos de degradação de um pavimento flexível

Famílias de degradações	Tipos de degradações
Deformações	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abatimento</li> <li>- Longitudinal: Berma; Eixo</li> <li>- Transversal</li> <li>- Deformações Localizadas</li> <li>- Ondulação</li> <li>- Rodeiras                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Grande raio (devido às camadas inferiores)</li> <li>- Pequeno raio (devido às camadas superiores)</li> </ul> </li> </ul>
Fendilhamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fendas</li> <li>- Fadiga</li> <li>- Parabólicas</li> <li>- Longitudinais: Berma; Eixo</li> <li>- Transversais</li> <li>- Pele de crocodilo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Malha fina (<math>\leq 40</math> cm)</li> <li>- Malha grossa (<math>&gt; 40</math> cm)</li> </ul> </li> </ul>
Desagregação da camada de desgaste	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desagregação superficial</li> <li>- Cabeça de gato</li> <li>- Pelada</li> <li>- Ninhos (covas)</li> </ul>
Movimento de materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exsudação</li> <li>- Subida de finos</li> </ul>

Quando as propriedades dos materiais constituintes de um pavimento são alteradas fazem com que uma mesma ação repetida duas vezes provoque deslocamentos e degradações diferentes no pavimento [8].

A fluência das camadas inferiores, a redução dos vazios à compactação e os fenômenos de corte ou rotura plástica das misturas estão associadas às deformações permanentes na camada de revestimento.

Nas figuras seguintes apresentam-se alguns exemplos de deformações mais frequentes nos pavimentos flexíveis:

- Rodeiras



Figura 3.7 – Tipo de degradação: Rodeiras

São deformações localizadas ao longo da zona de passagem dos veículos, podendo ser de grande ou pequeno raio. A compactação insuficiente das camadas em geral pode ser a maior causa para a ocorrência de deformações permanentes (rodeiras de grande raio) ou mesmo a presença de misturas betuminosas com reduzida resistência à deformação plástica (rodeiras de pequeno raio), propiciando acumulação de água à superfície.

- Fendas



Figura 3.8 – Fendilhamento: Fendas transversais no pavimento

Estas podem ser longitudinais ou transversais. As longitudinais apresentam-se como fendas paralelas ao eixo da estrada, localizadas geralmente ao longo da zona de passagem dos veículos e por vezes junto ao eixo. As causas possíveis são a deficiência da junta longitudinal de construção, a drenagem deficiente, originando diferencial de capacidade junto à berma e/ou misturas betuminosas muito rígidas originando abertura de fendas por retração. As transversais são visivelmente perpendiculares ao eixo da estrada, isoladas ou com um espaçamento variável, abrangendo parte ou toda a largura da faixa de rodagem. Podem ser resultantes de uma deficiência da junta transversal de construção, da retração térmica da camada de desgaste ou mesmo da capacidade de suporte diferencial da fundação.

- Pele de crocodilo



Figura 3.9 – Fendilhamento: Pele de crocodilo

Apresenta fendas que formam entre si uma malha de dimensão variável, localizada inicialmente na zona de passagem dos rodados dos veículos abrangendo progressivamente toda a largura da via de tráfego.

As causas possíveis são a fadiga das camadas betuminosas, a falta de capacidade de suporte das camadas granulares e do solo de fundação e camada de superfície com qualidade deficiente dos materiais.

Associada à evolução de outras degradações, como o fendilhamento, encontra-se a desagregação da camada de desgaste. Esta desagregação consiste na deterioração da superfície do pavimento devido à evolução da própria camada, em que o ligante perde as suas características iniciais provocando instabilidade na ligação entre os materiais que constituem a mistura betuminosa. Outras possíveis causas são a utilização deficiente do betume, a presença de água durante a realização da mistura e condições de temperatura desvantajosas na fase de execução.

A exsudação e a subida de finos são outro tipo de patologias frequentes ligadas ao movimento de materiais. A subida de finos verifica-se em pavimentos com camadas betuminosas fendilhadas, quando as ações climáticas e as condições de drenagem contribuem para a existência de níveis de água à cota das camadas dos pavimentos e existe compressão provocada pela passagem dos veículos que arrasta consigo os finos da camada de desgaste. A exsudação manifesta-se sobretudo na zona de passagem dos rodados dos veículos e caracteriza-se pelo excesso de ligante na camada de desgaste. A subida de ligante pode ainda ter como origem um ligante de reduzida viscosidade e a um excesso da fração fina dos agregados.

### 3.3.2 Pavimentos Rígidos

Quando os bordos das lajes são solicitados por cargas elevadas, dá-se o fenómeno de bombagem de finos e pode originar fissuração do pavimento, como se pode constatar na figura 3.10. Assim, ocorre a infiltração de águas para o interior do pavimento e depois a sua posterior saída por fissuras aquando de pressões elevadas por parte da laje de betão, transportando partículas sólidas e contribuindo para o fenómeno da erosão interna da fundação.

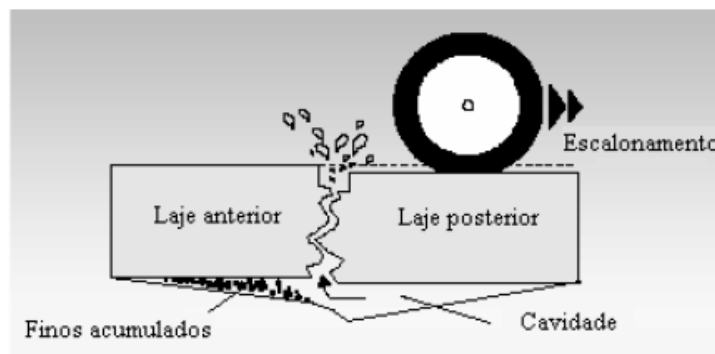


Figura 3.10 – Fenómeno de bombagem de finos [6]

Os defeitos dos pavimentos rígidos ocorrem frequentemente devido a causas específicas, como a degradação uniforme de toda a laje de betão construída, devidas a erros de projeto ou devidas ao processo de fadiga do betão nas proximidades do final da vida útil do pavimento.

Outros problemas podem ocorrer nos pavimentos rígidos, como por exemplo:

- Deficiência na selagem de junta: caracteriza-se por uma deficiência no material selante que possibilita o acumular de material incompressível na junta ou que permite a infiltração de água, figura 3.11. Entre as várias falhas apontadas ao material selante destacam-se: a rotura por tração ou compressão, crescimento de vegetação e a perda de aderência das lajes de betão.



Figura 3.11 – Deficiência na selagem de junta [9]

- Fissuras de retração do betão: são pouco profundas e de pequena abertura, e resultam do processo de secagem do betão, figura 3.12. Uma vez detetada a causa da degradação do pavimento, a reabilitação, quando efetuada na época em que foi detetado o problema e de acordo com os procedimentos adequados, contribuirá de forma significativa para o aumento de vida útil da estrutura, além de manter o pavimento em bom estado de conservação de modo a possibilitar aos utilizadores uma estrutura económica, segura e confortável do ponto de vista da utilização.



Figura 3.12 – Fissuras de retração do betão [9]

- Escalonamento: caracteriza-se pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciais e permanentes entre uma laje e outra adjacente, na região da junta, figura 3.13. As causas mais prováveis para esta deformação são o acesso da água às camadas de sub-base e ao solo de fundação assim como a insuficiente proteção das juntas.



Figura 3.13 – Exemplo de escalonamento de lajes [9]

- Deformações permanentes: ocorrem devido às tensões a que as camadas são sujeitas e a fluência do betão. Estas deformações podem ocorrer devido a deformação permanente da fundação devido a uma compactação deficiente, uma má drenagem, uma dilatação térmica excessiva ou solicitações excessivas.
- Desagregação superficial: caracteriza-se pela erosão da camada de argamassa superficial, fazendo com que os agregados aflorem à superfície do pavimento e com o tempo a superfície fique polida, podendo tornar-se escorregadia e derrapante, tendo como consequência a perda de conforto, segurança e economia para os utilizadores da via, figura 3-12. As causas possíveis serão o tráfego elevado, utilização de materiais de fraca qualidade ou a deficiente cura do betão.



Figura 3.14 – Desagregação Superficial [9]

### 3.4 TÉCNICAS DE CONSERVAÇÃO DE PAVIMENTOS

Entende-se por conservação de pavimentos o conjunto de operações orientadas para a preservação ou a reposição de um nível satisfatório, o mais próximo possível do estado inicialmente estabelecido, mantendo em bom estado de conservação e perfeitas condições de utilização as vias e outros bens e seus equipamentos. [9]

Os recursos financeiros para os trabalhos de manutenção são normalmente limitados e insuficientes para manter as estradas ao nível de qualidade mínima.

Assim, para suportar o aumento de tráfego, o aumento das cargas dos veículos, alterações devidas a condições climáticas, devem ser utilizadas algumas técnicas para a conservação dos pavimentos.

- Conservação de rotina: conjunto de atividades efetuadas para corrigir manifestações de ruína específicas que ocorrem no nível de revestimento betuminoso e em alguns casos atingem frações da camada de base. Tais operações são bem definidas, de pequeno porte e englobam selagem de fendas e reparação de covas.

Alguns dos procedimentos de execução para reparações de pequena dimensão, como a reparação de covas, são descritas sumariamente de seguida e apresentados na figura 3.15:

- a) Limpeza de material solto;
- b) Serragem, com uma serra de disco de corte, da área afetada em formato retangular com uma margem de 0,30 m (imagem A e B, Figura 3.15);
- c) Remoção do material excedente, regularização do fundo e limpeza e posterior regularização de fundo;
- d) Dependendo da profundidade do corte, aplicação de ABGE seguida da rega de impregnação e/ou aplicação de rega de colagem na superfície da cavidade se esta não atingiu todas as camadas betuminosas;
- e) Colocação e espalhamento da mistura betuminosas (imagem C, Figura 3.15);
- f) Compactação da mistura com cilindro de pequenas dimensões (imagem D, Figura 3.15);
- g) Limpeza de materiais sobranes;
- h) Se necessário, selar a junta de ligação do material com mástique betuminoso.



Figura 3.15 – Procedimentos para reparações de pequenas dimensões

- Recuperação superficial (recargas): conjunto de atividades destinadas a corrigir falhas superficiais, tais como fissuração, desagregação, polimento de rugosidades, desgaste e exsudação. Tratam-se de um processo de fresagem com posterior recarga, normalmente de pouca espessura (2,5 cm aproximadamente), não resultando nenhum efeito estrutural próprio.

A fresagem é uma técnica que consiste na fresagem mecânica do pavimento até uma profundidade de 6 cm. Em caso particulares pode ser necessária um segunda fresagem. Na figura 3.16 são apresentados alguns procedimentos executados durante a fresagem, os quais descrevem sumariamente:

- a) Definição da profundidade de fresagem;
- b) Remoção das camadas betuminosas com uma fresadora;
- c) Limpeza da superfície após a fresagem;
- d) Reposição da camada granular se necessária e execução da camada em betão betuminoso.



Figura 3.16 – Procedimentos para a técnica de fresagem

- **Reforço estrutural:** conjunto de atividades destinadas a aumentar a capacidade estrutural do pavimento. Este objetivo é alcançado normalmente pela sobreposição de uma ou mais camadas, as quais responderão ainda pela correção de deficiências superficiais (degradações e deformações) existentes.
- **Reconstrução:** conjunto de atividades destinadas a restabelecer o perfeito funcionamento do pavimento. Processa-se normalmente pela substituição de uma ou mais camadas existentes, complementadas por outras que deverão devolver ao pavimento a capacidade estrutural e restabelecer as suas características originais.
- **Melhoramentos:** conjunto de atividades que acrescentam ao pavimento características novas, ou que modificam as características existentes.
- **Conservação de emergência:** conjunto de atividades de carácter excepcional que permitam eliminar o risco para a vida humana ou para o património público. Também permitem restaurar as condições ao tráfego de uma rodovia interrompida, devido a manifestações de ruína ou colapso repentino.

### 3.5 METODOLOGIAS DE BENEFICIAÇÃO E REABILITAÇÃO

Para que a rodovia apresente bons níveis de desempenho é imprescindível que todos os seus componentes se encontrem aptos para exercerem as suas funções.

Os componentes são: o pavimento, a terraplenagem, a drenagem, a sinalização, entre outros. O recurso ao reforço para a aplicação em novos pavimentos ou reabilitação de pavimentos existentes deve ser criado com o propósito de aumentar o tempo de vida útil dos pavimentos com economia.

### 3.5.1 Beneficiação e Reabilitação de Pavimentos Flexíveis

As duas principais técnicas de reabilitação para pavimentos flexíveis são:

- Técnicas de Reabilitação das características superficiais: direcionadas para a melhoria das características funcionais do pavimento;
- Técnicas de Reabilitação das Características Estruturais: constitui um reforço da capacidade de suporte do pavimento existente.

Nos pavimentos com boas condições estruturais aplicam-se as técnicas de reabilitação das características superficiais e estas utilizam-se ao nível da camada de desgaste.

#### 3.5.1.1 Técnicas de Reabilitação das Características Superficiais

##### 3.5.1.1.1 Revestimento Superficial Simples

Quando o pavimento existente não apresenta grandes irregularidades e/ou deformações deve ser utilizado este tipo de revestimento. Esta camada de revestimento é constituída pela aplicação de ligante betuminoso coberto por uma camada de agregado granular com pequenas dimensões, Figura 3.17.

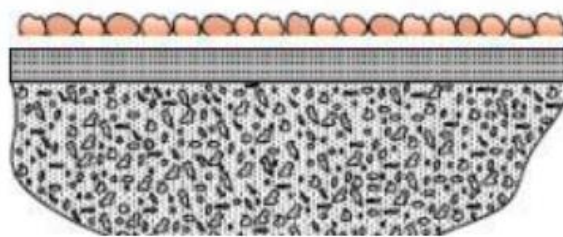


Figura 3.17 – Revestimento Superficial Simples (Vicente, 2006)

- Revestimento Superficial tipo “Sandwich”

Trata-se do revestimento com menor utilização para a reabilitação dos pavimentos.

A sua aplicação consiste num espalhamento de agregado com uma posterior aplicação de ligante betuminoso, completando com novo espalhamento de agregado de menores dimensões que o primeiro, Figura 3.18.

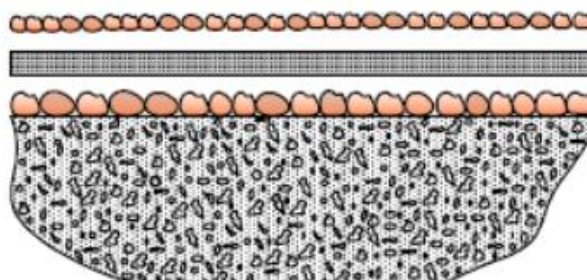


Figura 3.18 – Revestimento Superficial tipo “Sandwich” (Vicente, 2006)

- Revestimento Superficial Duplo

Técnica de revestimento apropriada para se executar em pavimentos de tráfego elevado.

A forma de emprego é formada por duas aplicações sucessivas de ligante betuminoso cobertas, cada uma delas, por uma camada de agregado granular, Figura 3.19.

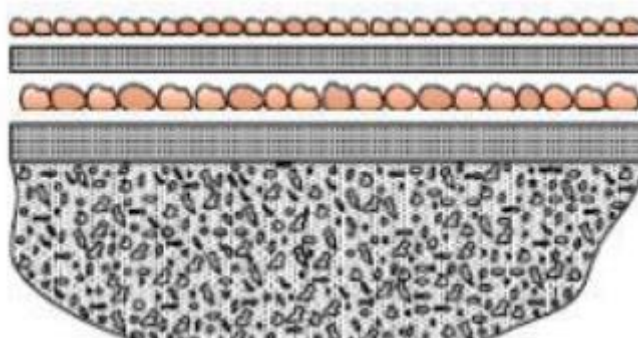


Figura 3.19 – Revestimento Superficial Duplo (Vicente, 2006)

### 3.5.1.1.2 Micro aglomerado Betuminoso a Frio

O micro aglomerado a frio é uma mistura betuminosa a frio com emulsão betuminosa que posteriormente é espalhada sobre o pavimento existente, Figura 3.20.



Figura 3.20 – Micro aglomerado betuminoso a frio (Neoasfalto, 2016)

Os trabalhos desta mistura são realizados mediante equipamento adequado, a sua execução é bastante rápida devido à sua espessura reduzida e à falta de necessidade de compactação. Pode ser aplicada em camada simples ou dupla, sendo a segunda opção capaz de aumentar a capacidade de suporte, a macrotextura e a impermeabilização.

No que se refere ao melhoramento das características superficiais, como a rugosidade e a impermeabilização trata-se de um pavimento bastante eficaz, com custo reduzido e poupança de energia por ser uma técnica a frio. Também apresenta imensas vantagens quanto à sua aplicação em zonas urbanas uma vez que diminui o ruído provocado pelo tráfego e respeita a cota das soleiras existentes.

#### 3.5.1.1.3 Lama Asfáltica

Este tipo de tratamento é constituído por agregados de dimensões reduzidas e com elevada superfície específica, necessitando de uma pequena porção de ligante asfáltico para o envolvimento de todas as partículas minerais. A sua aplicação resulta num composto de alta resistência ao desgaste por abrasão e baixa permeabilidade apesar do seu espalhamento ser realizado a frio e garante impermeabilizar revestimentos antigos, selar fissuras e melhorar a estética de pavimentos antigos.

A lama asfáltica, Figura 3.21, é vantajosa pela sua rápida aplicação, pela facilidade em corrigir pequenas irregularidades e pelo seu reduzido custo, mas pouco durável.



Figura 3.21 – Aplicação de Lama Asfáltica (Pavimentar, 2016)

#### 3.5.1.1.4 Microbetão Betuminoso Rugoso

A aplicação de uma camada deste material deve ser como suporte de uma camada de regularização ou uma que apresenta pouca irregularidade, com boas capacidades e com pouco fendilhamento, Figura 3.22. A sua utilização tem de ser a uma temperatura entre os 160º e os 180º para evitar o envelhecimento precoce devido à oxidação do betume.



Figura 3.22 – Microbetão Betuminoso Rugoso (Sanestradas, 2016)

Apesar do seu uso ser um bom método de conservação de pavimentos com elevado tráfego, ser económico e apresentar características de conforto e segurança, este não consegue oferecer razoáveis atributos de impermeabilização.

#### 3.5.1.1.5 Argamassa Betuminosa

O betume utilizado é puro ou modificado pertencendo assim à família das misturas betuminosas a quente. É a solução ideal a curto prazo para condições de fendilhamento acentuado, com necessidade de adiar uma reabilitação estrutural e quando o tráfego apresenta valores baixos, tapando as fissuras.

#### 3.5.1.1.6 Selagem de Fissuras em Pavimentos

Trata-se de uma solução bastante utilizada por todo o mundo pela sua simplicidade de execução, alta durabilidade, custo relativamente baixo e eficácia elevada que pode evitar grandes intervenções. O objetivo é impedir a entrada de água sem restringir a movimentação da estrutura, Figura 3.23.



Figura 3.23 – Selagem de Fissuras (Inteval, 2016)

A selagem de fendas que não revelam necessidade de uma reabilitação estrutural do pavimento é feita a partir da aplicação de materiais betuminosos a frio, tais como microaglomerados, geotêxteis impregnados com betumes e argamassas betuminosas a quente com betumes modificados.

### **3.5.1.2 Técnicas de Reabilitação das Características Estruturais**

Este tipo de reabilitação procura oferecer à estrutura do pavimento a capacidade resistente, considerando as condições de solicitação e um determinado período de vida.

Este reforço deve ser feito quando o pavimento ainda apresenta um baixo nível de fendilhamento para poder escolher a melhor técnica.

As técnicas que antecedem a aplicação do reforço dependem do estado superficial do pavimento, normalmente envolvem a aplicação de camadas betuminosas, mas por vezes são necessárias algumas técnicas de regularização. As misturas betuminosas mais utilizadas no fortalecimento de pavimentos flexíveis são: macadame betuminoso, mistura betuminosa densa, betão betuminoso de alto módulo e o agregado britado de granulometria extensa tratado com cimento.

O macadame betuminoso assim como a mistura betuminosa densa são utilizados como camada de regularização ou de base pela capacidade de melhorarem as características estruturais e regularem a superfície para a colocação da camada de desgaste.

As misturas betuminosas utilizadas para este tipo de reabilitação dependem sempre do tipo e critério de dimensionamento e tanto podem ser aplicadas numa única camada como camada de desgaste ou dividida em camadas de desgaste, regularização e de base.

Para pavimentos com grandes deformações é utilizada a mistura de ABGE com emulsão de betume e pode ser aplicada em estradas com um tipo de tráfego baixo. Caso o nível de fendilhamento seja reduzido podem ser utilizadas as técnicas de selagem de fendas que incluem emulsões betuminosas, mastique betuminoso ou betume puro ou modificado.

Na hipótese de existirem reflexão de fendas, uma propagação do fendilhamento para as camadas de reforço, opta-se pela fresagem. Esta elimina as degradações do pavimento até uma determinada profundidade. Outra técnica é a reciclagem de pavimentos rodoviários flexíveis que consiste em obter novas misturas betuminosas a partir do material fresado e adicionando novos materiais.

Entre as várias soluções apresentadas existe ainda a possibilidade de aplicação de geogrelhas ou grelhas de reforço (Figura 3.24) que retardam as fissuras por fadiga e reflexão de fendas. Estas contribuem para controlar o desenvolvimento de picos de tensão na base da camada betuminosa.



Figura 3.24 – Aplicação de Geogrelhas ou Grelhas de Reforço (Tensal, 2016)

A aplicação da geogrelha só deve ser colocada quando a superfície estiver devidamente preparada e limpa e a sua aplicação deve ter em conta alguns procedimentos:

- Desenrolamento da geogrelha de reforço;
- Aplicação da geogrelha de forma a esta não apresentar pregas ou dobras;
- No pavimento, as juntas ou zonas de rodeiras não devem coincidir com as sobreposições da geogrelha, sendo as sobreposições tratadas com emulsão betuminosa;
- Até serem aplicadas as camadas betuminosas subjacentes à geogrelha não deve haver circulação de veículos;
- Controlo da temperatura das misturas betuminosas a aplicar sobre a geogrelha.

### 3.5.2 Beneficiação e Reabilitação de Pavimentos Rígidos

As reabilitações dos pavimentos rígidos podem retardar o processo de deterioração do mesmo através de procedimentos que conservem a sua condição estrutural ou pode ser necessária a utilização de reparações localizadas que sejam capazes de restaurar a condição estrutural do pavimento.

#### 3.5.2.1 Reabilitação com Reforço na Estrutura

Reforçar um pavimento rígido como um pavimento flexível pode não ocultar as fissuras devido ao problema da reflexão das mesmas. Para solucionar esse problema podem ser adotados alguns procedimentos como:

- Aumento a espessura da camada fissurada;
- Abertura de juntas no pavimento;

- Aplicação de camadas intermediárias de alívio de tensões;
- Colocação de armadura na camada de reforço [10];



Figura 3.25 – Aplicação de laje em betão hidráulico com armadura (Tensar, 2016)

### 3.5.2.2 Reabilitação sem Reforço na Estrutura

Para pavimentos que não necessitam de reforço na sua estrutura podem ser utilizadas as seguintes soluções:

- Recuperação de juntas (resselagem);
- Tratamento de fissuras superficiais, Figura 3.26;



Figura 3.26 – Tratamento de fissuras superficiais

- Recuperação de desgaste superficial e escamação;
- Reconstituição parcial da placa [10] (Figura 3.27);



Figura 3.27 – Reconstituição parcial da placa (Dreamstime, 2016)

### 3.6 GEOMETRIA DE TRAÇADO

No projeto de estradas novas, na reconstrução, na reabilitação e na ampliação de estradas existentes aplica-se a Norma de Traçado da ex-JAE [16].

Esta norma pretende que o estudo de projetos seja realizado segundo critérios uniformes que permitam obter uma rede rodoviária bem estruturada e que facilitem o comportamento correto dos automobilistas.

A geometria de traçado de uma estrada é composta pela diretriz (eixo em planta), pela rasante (eixo em perfil longitudinal) e pelos respetivos perfis transversais. Na Tabela 3.2 resume os principais elementos geométricos de uma estrada.

Tabela 3.2 – Elementos geométricos de uma estrada

Elementos Geométricos	Axiais	Planimétricos: Tangentes; Curvas Horizontais.
		Altimétricos: Trainéis Retos; Curvas Verticais.
	Transversais	Secções em Aterro
		Secções em Escavação
		Secções Mistas

Pretende-se com o traçado em planta que seja assegurada a circulação com segurança e comodidade, sendo que as principais condicionantes são a velocidade, as características geotécnicas, o meio ambiente e os custos.

Para que o traçado em planta possa ser considerado seguro e cómodo é necessário que este garanta homogeneidade, compatibilidade entre a velocidade base e velocidade de tráfego e ainda a existência de visibilidade em função da velocidade do tráfego.

### 3.6.1 Elementos Geométricos – Planimétricos

O estudo de traçado de uma estrada é feito com base no alinhamento longitudinal da mesma. O projeto em planta consiste na disposição de vários alinhamentos retos, ajustados pelas curvas de concordância horizontal. Um alinhamento caracteriza-se através da sua extensão e da sua posição. Esta última pode ser absoluta quando se refere ao azimute ou relativa quando se refere à deflexão.

As curvas horizontais são elementos utilizados para fazer concordância entre os alinhamentos retos. Essas curvas podem ser simples com curvas circulares ou curvas compostas, quando se utilizam curvas de transição (clotóides).

Na Figura 3.28 apresenta-se uma curva horizontal com transição e os seus elementos, em que:

$O'$  – Centro circular afastado;

PI – Ponto de interseção das tangentes;

A – Ponto da transição;

$X_s$  – abscissa dos pontos SC e CS;

$Y_s$  – Ordenada dos pontos SC e CS;

TT – Tangente total;

K – Abscissa do centro  $O'$ ;

p – Afastamento da curva circular;

X – Abscissa de um ponto genérico A;

Y – Ordenada de um ponto genérico A;

$\theta_s$  – Ângulo de transição;

$\Phi$  – Ângulo central do círculo afastado;

AC – Ângulo central;

E – Distância do PI à curva circular



### 3.6.3 Elementos Geométricos Transversais

#### 3.6.3.1 Secção Transversal do Terreno

A secção transversal do terreno é a representação, no plano vertical, das diferenças de nível obtidas do resultado de um nivelamento, normal em cada estada, pertencente ao alinhamento da via, designado de nivelamento transversal.

#### 3.6.3.2 Secção Transversal de uma Estrada

No plano vertical, a secção transversal de uma estrada é a representação geometria de alguns componentes dispostos transversalmente, em determinado ponto do eixo longitudinal da via.

Podemos ter três tipos de secções:

- Em Escavação: quando a rodovia resulta abaixo da superfície do terreno natural;



Figura 3.30 – Secção em Escavação

- Em Aterro: quando a rodovia resulta acima da superfície do terreno natural;

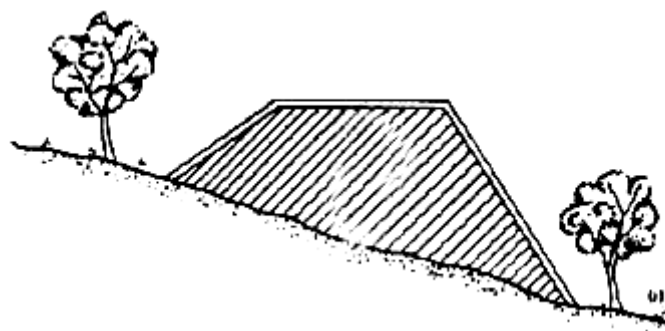


Figura 3.31 – Secção em Aterro

- Mista: quando na mesma secção são apresentados os outros dois tipos de secção, um lado encontra-se abaixo do terreno natural e o outro acima.

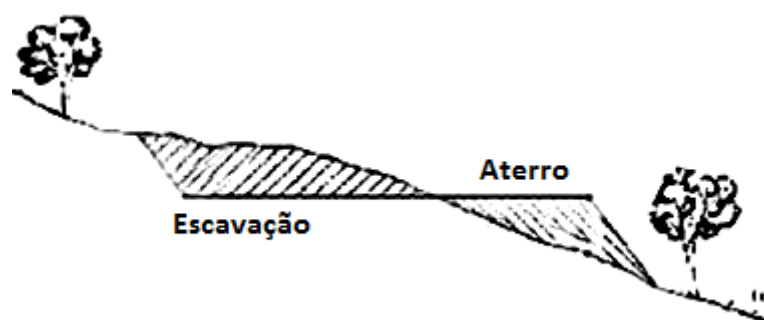


Figura 3.32 – Secção Mista

### 3.7 TÉCNICAS DE DIMENSIONAMENTO

As técnicas de dimensionamento de pavimentos passam por definir os materiais a empregar e as espessuras das camadas dos pavimentos tendo em atenção as variáveis de projeto. Estas técnicas podem-se classificar em dois grupos, consoante a forma como foram estabelecidos: os métodos empíricos, baseados na observação do comportamento de pavimentos de troços experimentais, e os métodos analíticos, que têm como base a modelação do comportamento dos pavimentos, relacionando os estados de tensão e de deformação induzidos pelo tráfego e pelas ações climáticas com o desenvolvimento de degradações estruturais.

#### 3.7.1 Dimensionamento pavimentos flexíveis

Algumas Administrações Rodoviárias, como as Infraestruturas de Portugal, têm vindo a estabelecer procedimentos mais simplificados para a conceção dos pavimentos, recorrendo à elaboração de catálogos de secções de pavimentos, aos quais está subjacente a aplicação de determinado método de dimensionamento, e a experiência da própria administração.

Em Portugal, foi desenvolvido em 1995 um Manual de Conceção de Pavimentos para Rede Rodoviária Nacional (JAE, 1995), que inclui um catálogo de secções de pavimento e que adiante se passa a designar simplesmente como Manual de Conceção de Pavimentos.

A utilização deste catálogo não deve ser encarada como uma restrição à liberdade do projetista para propor a adoção e soluções não abrangidas no catálogo, que possivelmente sejam consideradas mais adequadas face às variáveis de projeto.

No dimensionamento dos pavimentos rodoviários flexíveis, o parâmetro fundamental obtém-se da combinação de dois tipos de ações, uma é a temperatura e outra o tráfego, que tem como consequência a perda de características essenciais ao desempenho para que foram dimensionados.

### 3.7.1.1 Tráfego

O tráfego é constituído por diversos tipos de veículos, desde os velocípedes aos autocarros, passando pelos tratores agrícolas e pelos camiões de transporte. No dimensionamento dos pavimentos apenas o tráfego de veículos pesado é contabilizado, sendo contabilizado, em Portugal, pelo Decreto-lei nº133/2014 os respetivos pesos máximos dos veículos.

A ação do tráfego revela-se o agente mais agressivo para o pavimento, o qual conjugado com baixas velocidades e altas temperaturas, se torna altamente agressivo.

As categorias e subcategorias são respetivamente F, G, H e I mais especificamente, F1, F2, F3, G1, H1, H2, H3, H5, I1. Encontram-se estas categorias e subcategorias, assim como as suas características no Decreto-Lei nº 203/2007 de 28 de maio (altera o Decreto-Lei nº 99/2005) e no Decreto-Lei nº 133/2010 (altera os Decretos-Lei nº 99/2005 e 203/2007).

As ações da temperatura são muito importantes sobretudo nos pavimentos flexíveis e influenciam fortemente o desempenho estrutural do pavimento. Nas temperaturas é importante reter a temperatura de serviço equivalente anual que depende da espessura da camada da mistura betuminosa.

Das ações da velocidade deve-se reter que uma velocidade de tráfego inferior a 50 km/h conduz a uma descida acentuada do módulo de deformabilidade (E) e abaixo do 20 km/h, uma descida abrupta desse mesmo.

No Manual de Conceção de Pavimentos, a ponderação do tráfego é feita através da adoção de classes de tráfego pesado, que são definidas a partir do Tráfego Médio Diário Anual de veículos pesados (TMDAp) no ano de abertura ao tráfego, por sentido e na via mais solicitada, como se pode visualizar na tabela 3.3. Para cada classe de tráfego é assumida uma determinada taxa de crescimento anual e uma determinada composição do tráfego, que é traduzida através de um fator de agressividade que se utiliza para converter número de passagens de veículos pesados em número equivalente de passagens de eixos padrão.

Tabela 3.3 - Caracterização das classes de tráfego consideradas no Manual de Conceção de Pavimentos

Classe	TMDAp	Taxa de crescimento anual (%) <sup>a</sup>	Fatores de agressividade		
			Pavimentos flexíveis		Pavimentos rígidos e semirrígidos
			Eixo 80 kN <sup>b</sup>	Eixo 130 kN <sup>c</sup>	Eixo 130 kN <sup>b</sup>
T7	< 50	Estudo específico			
T6	50 - 150	3	2	0,3	0,5
T5	150 - 300		3	0,4	0,6
T4	300 - 500	4	4	0,6	0,7
T3	500 - 800		4,5	0,7	0,8
T2	800 - 1200	5	5	0,7	0,9
T1	1200 - 2000		5,5	0,8	1
T0	> 2000	Estudo específico			

(a) Taxa de crescimento recomendada nos casos em que não existem elementos adicionais relativos à previsão de crescimento

(b) Fator de agressividade ( $\alpha$ ) proposto no Manual de Conceção

(c) Fator de agressividade calculado a partir do valor proposto no Manual de Conceção para eixos de 80kN

Quando não existem elementos adicionais, a determinação do (TMDAp) por sentido, na via mais solicitada, é efetuada considerando 50% do tráfego em cada sentido. Caso exista mais que uma via por sentido é necessária considerar para a via mais solicitada as seguintes percentagens apresentadas na tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Distribuição do tráfego por vias, quando existe mais de uma via por sentido (JAE, 1995)

Nº de vias por sentido	% do tráfego por sentido na vida mais solicitada
2	90
3 ou mais	80

### 3.7.1.2 Temperatura

Para se calcular o módulo de deformabilidade é necessário conhecer a temperatura das camadas. A seleção do tipo de betume a utilizar nas misturas betuminosas é efetuada em função do tipo de camada e da zona climática.

A temperatura na mistura betuminosa é obtida em função da espessura do pavimento e da temperatura média mensal do ar.

No dimensionamento dos pavimentos flexíveis, mais importante que em qualquer tipo de pavimentos, a temperatura condiciona fortemente o módulo de deformabilidade de uma mistura betuminosa (E).

Com isto, procede-se ao cálculo da temperatura de serviço, podendo-se utilizar os seguintes métodos:

- Método da Shell (Claessen et al.);
- Método analítico de Witczak;
- Método May and Witczak;
- Método PATED (Portugal).

### 3.7.1.2.1 Método da Shell (Claessen et al.)

O método da SHELL consiste na consulta de um ábaco que relaciona as profundidades com a temperatura de projeto. Desse mesmo ábaco é retirada, de forma direta, a temperatura de serviço (Figura 3.33). É ainda função da temperatura do ar equivalente anual (temperatura média mensal do ar).

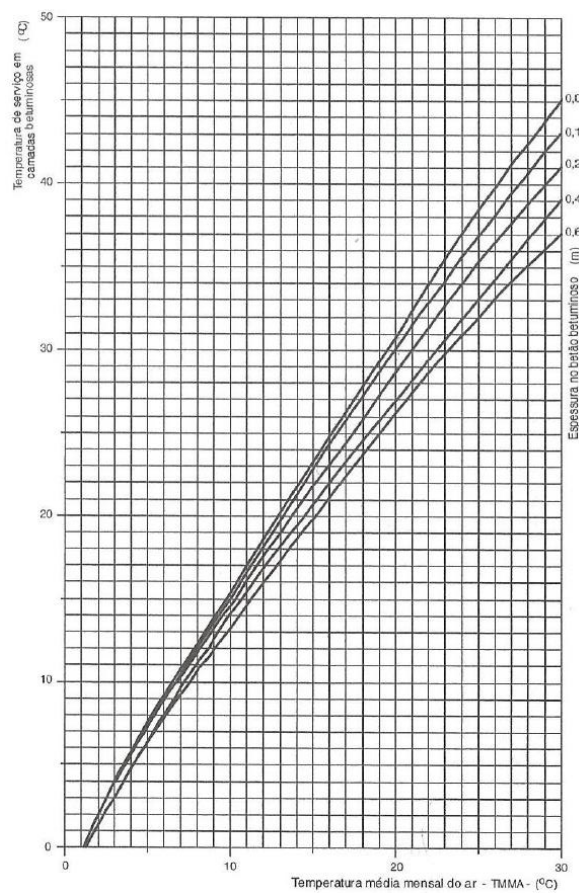


Figura 3.33 – Relação entre a TMMA ponderada e a temperatura de serviço nas camadas betuminosas (Shell)

O fator de ponderação necessário neste método provém da aplicação da seguinte expressão:

$$W = 0,0723 \times e^{0,1296 \times T_{MMA}} \quad (3.1)$$

A  $T_{MMA}$  é a média da temperatura de cada mês.

O método da Shell impõe ainda o cálculo da Temperatura Média Mensal Anual ponderada,  $T_{MMAp}$ , calculado pela seguinte fórmula:

$$T_{MMAp} = 7,7068 \times \ln(W_{\text{médio}}) + 20,257 \quad (3.2)$$

### 3.7.1.2.2 Método analítico de Witczak

$$T_{mb(a)} = (T_{mma(a)} + 17,778) \times \left(1 + \frac{1}{39,37 \times z + 4}\right) - \frac{18,889}{39,37 \times z + 4} - 14,444 \quad (3.3)$$

Em que:

$T_{mb(a)}$  – Temperatura de serviço (°C), no betão betuminoso, à profundidade  $z$ ;

$z$  – Profundidade (mm) medida a partir da superfície do pavimento;

$T_{mma(a)}$  – Temperatura média mensal do ar (°C).

A temperatura média do ar mensal é dada por:

$$T_{mma(a)} = \frac{T_m \text{ máx.} + T_m \text{ mín.}}{2} \quad (3.4)$$

Em que:

$T_m \text{ máx.}$  – Média das temperaturas máximas anuais com pelo menos 20 anos de tempo de recorrência (°C);

$T_m \text{ mín.}$  – Média das temperaturas mínimas anuais com pelo menos 20 anos de tempo de recorrência (°C).

### 3.7.1.2.3 Método May and Witczak

$$T_{mb(a)} = (16,23 \times z - 0,944) + (0,656 - 0,327 \times z) \times (T_{mma(a)} \times 1,8 + 3,2) - 17,778 \quad (3.5)$$

### CAPÍTULO 3

Em que:

$T_{mb(a)}$  – Temperatura de serviço (°C), no betão betuminoso, à profundidade  $z$ ;

$z$  – Profundidade (mm) medida a partir da superfície do pavimento;

$T_{mma(a)}$  – Temperatura média mensal do ar (°C).

#### 3.7.1.2.4 Método PATED

Este método é ajustado as condições do clima em Portugal e baseia-se no mês mais quente, ou seja, o mês de agosto.

$$T_{mb(a)} = 6,846 \times z^{0,111} \times T_{mma(a)}^{0,297} \quad (3.6)$$

$$T_{mma(a)} = 0,1835 \times T_{m \text{ máx.}} + 0,8165 \times T_{m \text{ mín.}} \quad (3.7)$$

Em que:

$T_{mb(a)}$  – Temperatura de serviço (°C), no betão betuminoso, à profundidade  $z$ ;

$z$  – Profundidade (mm) medida a partir da superfície do pavimento;

$T_{mma(a)}$  – Temperatura média mensal do ar (°C).

$T_{m \text{ máx.}}$  – Média das temperaturas máximas anuais com pelo menos 20 anos de tempo de recorrência (°C);

$T_{m \text{ mín.}}$  – Média das temperaturas mínimas anuais com pelo menos 20 anos de tempo de recorrência (°C).

De forma a facilitar a escolha do tipo de betume a utilizar, o MACOPAV, dividiu o país em três zonas climáticas como mostra a figura 3.34.

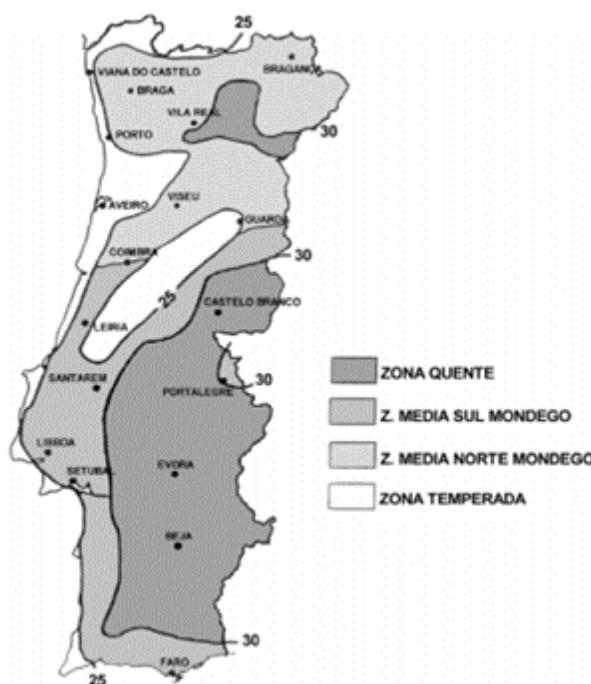


Figura 3.34 - Zonas climáticas de Portugal [16]

### 3.7.1.3 Módulo de deformabilidade

Após se proceder ao cálculo das temperaturas de serviço para cada camada do pavimento, é necessário conhecer os módulos de deformabilidade dessas mesmas camadas. Neste subcapítulo, abordar-se-ão os métodos respetivos para esse mesmo cálculo.

O módulo de deformabilidade trata-se de um parâmetro mecânico que permite avaliar o quociente entre a tensão aplicada e a extensão, ou seja, a deformação. De forma sucinta, caracteriza mecanicamente os materiais de todas as camadas do pavimento.

Entre os vários métodos para o dimensionamento de pavimentos pode-se dividir em dois grandes grupos: os métodos empíricos-mecanicista e os métodos expeditos.

O método empírico é o que utiliza cálculos com base na observação de consequências e cria deduções das experiências.

Para o dimensionamento é aconselhável utilizar as seguintes expressões, para caracterizar as camadas de fundação e sub-base:

$$E_f = 17,6 \times CBR^{0,64} \tag{3.8}$$

$$E_s = E_f \times (0,2 \times h_s^{0,45}) \tag{3.9}$$

Onde:

$h_s$  – Espessura da camada de sub-base (mm);

$CBR$  – California Bearing Ratio (%);

$E_s$  – Módulo de solo de sub-base (MPa);

$E_f$  – Módulo de solo de fundação (MPa).

Para certas expressões de previsão dos módulos de deformabilidade é necessário conhecer a rigidez do betume ( $S_b$ ) definido pelo ábaco de Van der Poel que se encontra na Figura 3.35.

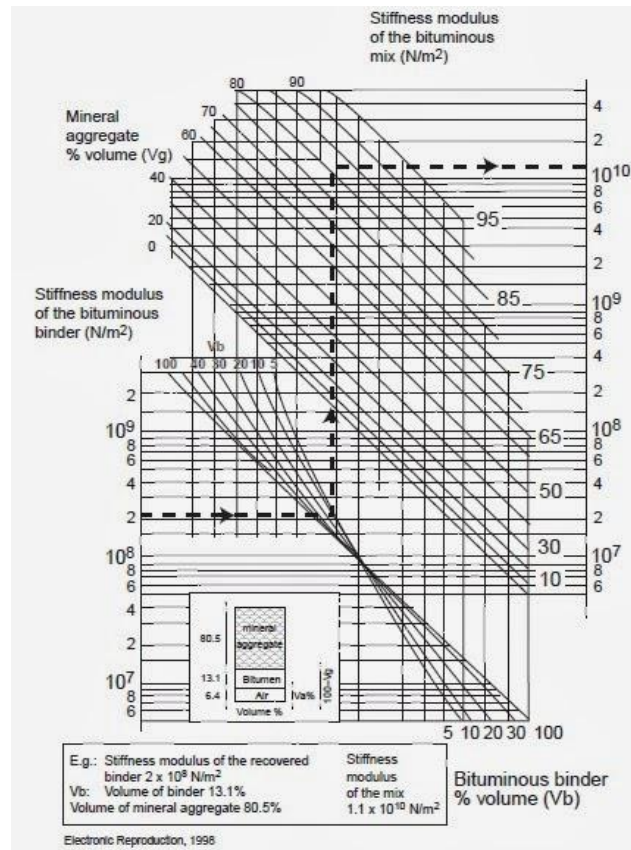


Figura 3.35 - Ábaco de Van der Poel

Este ábaco tem como desvantagem a imprecisão de valores durante a sua consulta, então Ullidtz e Peatti (1980) de forma atribuir mais rigor ao conceito de rigidez desenvolveu a seguinte expressão:

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times t_c^{-0,368} \times 2,718^{-IPENr} \times (T_{AB} - T)^5 \quad (3.10)$$

$$t_c = \frac{1}{v} \quad (3.11)$$

Onde:

$S_b$  – Rigidez do betume (MPa);

$tc$  – Tempo de carga (s);

$V$  – Velocidade base (km/h);

$IPEN$  – Índice de penetração do betume.

O valor de  $IPEN$  pode ser calculado pela seguinte expressão, formulada por Pfeiffer e Van Dormal (1936):

$$IPENr = \frac{20 \times T_{AB}r + 500 \times \text{Log}(PEN_{25}r) - 1951,55}{T_{AB}r - 50 \times \text{Log}(PEN_{25}r) + 120,15} \quad (3.12)$$

onde:

$T_{AB}$  – Temperatura de amolecimento (°C) da viscosidade do betume;

$T_{AB}r$  – Temperatura anel e bola recuperada (°C);

$PEN_{25}$  – Penetração do betume a 25 °C;

$PEN_{25}r$  – Penetração do betume a 25 °C revista;

$IPENr$  – Índice de penetração revisto.

As equações que complementam a anterior são:

$$T_{AB}r = 99,13 - 26,35 \times \text{Log}(PEN_{25}r) \quad (3.13)$$

$$PEN_{25}r = 0,65 \times PEN_{25} \quad (3.14)$$

Estas expressões têm em conta o envelhecimento do betume:

O método da Shell, o mais utilizado para este tipo de dimensionamento, processa-se através das seguintes expressões:

$$S_{m108} = 8 + 5,68 \times 10^{-3} \times V_a + 2,135 \times 10^{-4} \times V_a^2 \quad (3.15)$$

$$S_{m3109} = 10,82 - \frac{1,342 \times (100 - V_a)}{V_a + V_b} \quad (3.16)$$

$$S_{68} = 0,6 \times \log \frac{1,37 \times V_b^2 - 1}{1,33 \times V_b - 1} \quad (3.17)$$

$$S_{89} = 1,12 \times \frac{S_{m3109} - S_{m108}}{\log(30)} \quad (3.18)$$

$$A = \frac{S_{89} + S_{68}}{2} \times (\log(S_b) - 8) + \frac{S_{89} - S_{68}}{2} \times |\log(S_b) - 8| + S_{m108} \quad (3.19)$$

### CAPÍTULO 3

$$Em = 10^4 \quad (3.20)$$

Onde:

$E_{mb}$  – Módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (Pa);

$V_a$  – Percentagem volumétrica do agregado (%);

$V_b$  – Percentagem volumétrica do betume (%);

Caso sejam necessários dimensionar misturas betuminosas de alto módulo terá de ser utilizado o Método do Capitão com a seguinte expressão:

$$Em = 30231 - 2151,1 \times t_c - 331,9 \times T - 853,5 \times V_{vb} - 16,94 \times \varepsilon_t adm + 6,33 \times S_b \quad (3.21)$$

Onde:

$E_m$  – Módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (MPa);

$S_b$  – Rigidez do betume (MPa);

$t_c$  – Tempo de carga (s);

$T$  – Temperatura de serviço (°C);

$\varepsilon_t adm$  – Extensão admissível ( $\times 10^{-6}$ ).

E,

$$V_{bv} = \frac{V_b \times \rho_{mistura}}{\rho_{vol. betume}} \quad (3.22)$$

Onde:

$\rho$  – Peso específico ( $\text{kg/m}^3$ );

$v_b$  – Percentagem volumétrica do betume (%)

Pelo Método da Shell, as extensões admissíveis a que o pavimento está sujeito (extensões de tração e verticais) são calculadas através das expressões seguintes:

$$\varepsilon_t = (0,856 \times V_b + 1,08) \times E_{mb}^{-0,36} \times N_{90}^{-0,2} \quad (3.23)$$

$$\varepsilon_v = k_s \times N_{90}^{-0,25} \quad (3.24)$$

Onde,

$\varepsilon_t$  – Extensão de tração ( $\times 10^{-6}$ );

$\varepsilon_v$  – Extensão vertical ( $\times 10^{-6}$ );

$v_b$  – Percentagem volumétrica de betume (%);

$N_{80}$  – Número de eixos padrão de 80 KN;

$E_{mb}$  – Módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (Pa);

$k_s$  – Coeficiente que depende da probabilidade de sobrevivência do pavimento.

Para verificar se o pavimento está bem dimensionado é necessário recorrer a um programa de cálculo, que calcula as extensões verticais e horizontais depois de serem introduzidos os valores de espessura, os respetivos módulos de deformabilidade e os coeficientes de Poisson. As extensões admissíveis terão de ser maiores que as extensões calculadas pelo programa.

### 3.7.2 Dimensionamento de Pavimentos Rígidos

Para iniciar o dimensionamento pelo método PCA é necessário selecionar o tipo de pavimento rígido que se quer aplicar, o tipo de sub-base, a inclusão de berma em betão ou não, assim como algumas das suas características. Este pode ser com ou sem juntas e/ou com ou sem barras de transferência.

A espessura da camada de betão é definida com base nos seguintes parâmetros de dimensionamento:

- Módulo de rutura à flexão do betão (MPa);
- Módulo de reação,  $k$  (Mpa/m);
- A frequência, o tipo de eixo e o peso dos veículos a circular no pavimento;
- Vida útil, usualmente entre 30 a 40 anos;

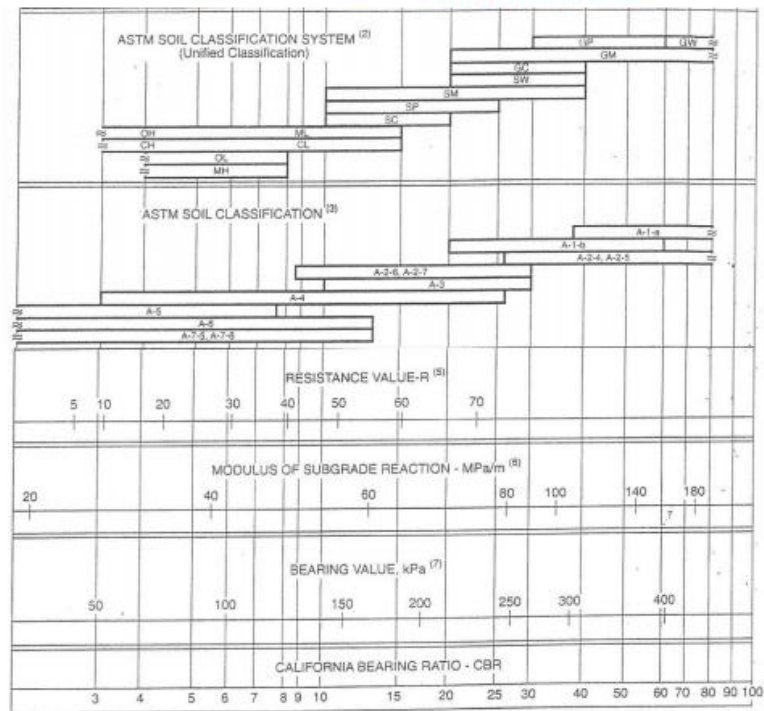
A capacidade da fundação do pavimento é medida pelo módulo de reação através de provas de cargas estáticas ou por ensaios como o CBR.

Entende-se por ensaio de CBR a determinação da relação entre a pressão necessária para produzir uma penetração de um êmbolo no solo e a pressão necessária para produzir a mesma penetração numa mistura padrão.

Através do ábaco da Figura 3.36 é possível tirar a correlação entre  $k$  e o valor de CBR, sendo esta suficiente para o dimensionamento, porque mesmo apresentando pequenas variações no módulo de reação não tem consequências significativas na determinação das espessuras.

**VALORES DE K (MÓDULO DE REAÇÃO)**

Relação entre o valor de CBR e o **Módulo de Reação do solo**



**Valores do Módulo de Reação (K) do conjunto solo + sub-base não tratada**

Subgrade k value	Subbase k value								
	100 mm		150 mm		225 mm		300 mm		
MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci
20	73	23	85	26	96	32	117	38	140
40	147	45	165	49	180	57	210	66	245
60	220	64	235	66	245	76	280	90	330
80	295	87	320	90	330	100	370	117	430

**Valores do Módulo de Reação (K) do conjunto solo + sub-base tratada**

Subgrade k value	Subbase k value								
	100 mm		150 mm		225 mm		300 mm		
MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci	MPa/m	pci
20	73	60	220	80	300	105	400	135	500
40	147	100	370	130	500	185	680	230	850
60	220	140	520	190	700	245	900	-	-

Figura 3.36 – Correlação entre k e o valor de CBR

É necessário ainda calcular o módulo de reação global que traduz a resistência dos materiais por baixo da laje e depende da espessura e do tipo de camada de sub-base se é tratada com ligantes ou não tratada.

O tráfego é calculado pelo tipo de eixo e estima-se o numero de repetições de cada um durante a vida útil definida, sendo que a carga dos eixos triplos será dividida por 3 e tratada como simples.

Com as tabelas do Anexo B, são várias as combinações que permitem o dimensionamento do pavimento e distingue se este tem juntas impermeabilizadas ou não e se têm ou não barras de transferência de cargas. Depois de selecionada a tabela referente ao pavimento que se quer dimensionar, com a espessura da laje e o módulo de reação global é feita a análise ao desgaste junto aos bordos transversais e longitudinais e desse modo retira-se o valor das tensões admissíveis.

O método do PCA utiliza como constantes o coeficiente de Poisson, o comprimento da placa, a carga no eixo, a área de contacto do pneu e o espaçamento das rodas. Para a obtenção das tensões equivalentes é necessária uma correlação entre o efeito da capacidade da fundação além da borda da placa, os efeitos da localização da carga ao longo da secção transversal da placa, o ganho da resistência do betão após 28 dias e o efeito da variabilidade das propriedades do betão.

Estas tensões equivalentes podem ser obtidas a partir de tabelas e variam em função do tipo de eixo, da espessura da placa e da existência ou não de berma em betão e com o valor dessas tensões é possível descobrir o número admissível de repetições de carga função da fadiga através do gráfico apresentado na Figura 3.37.

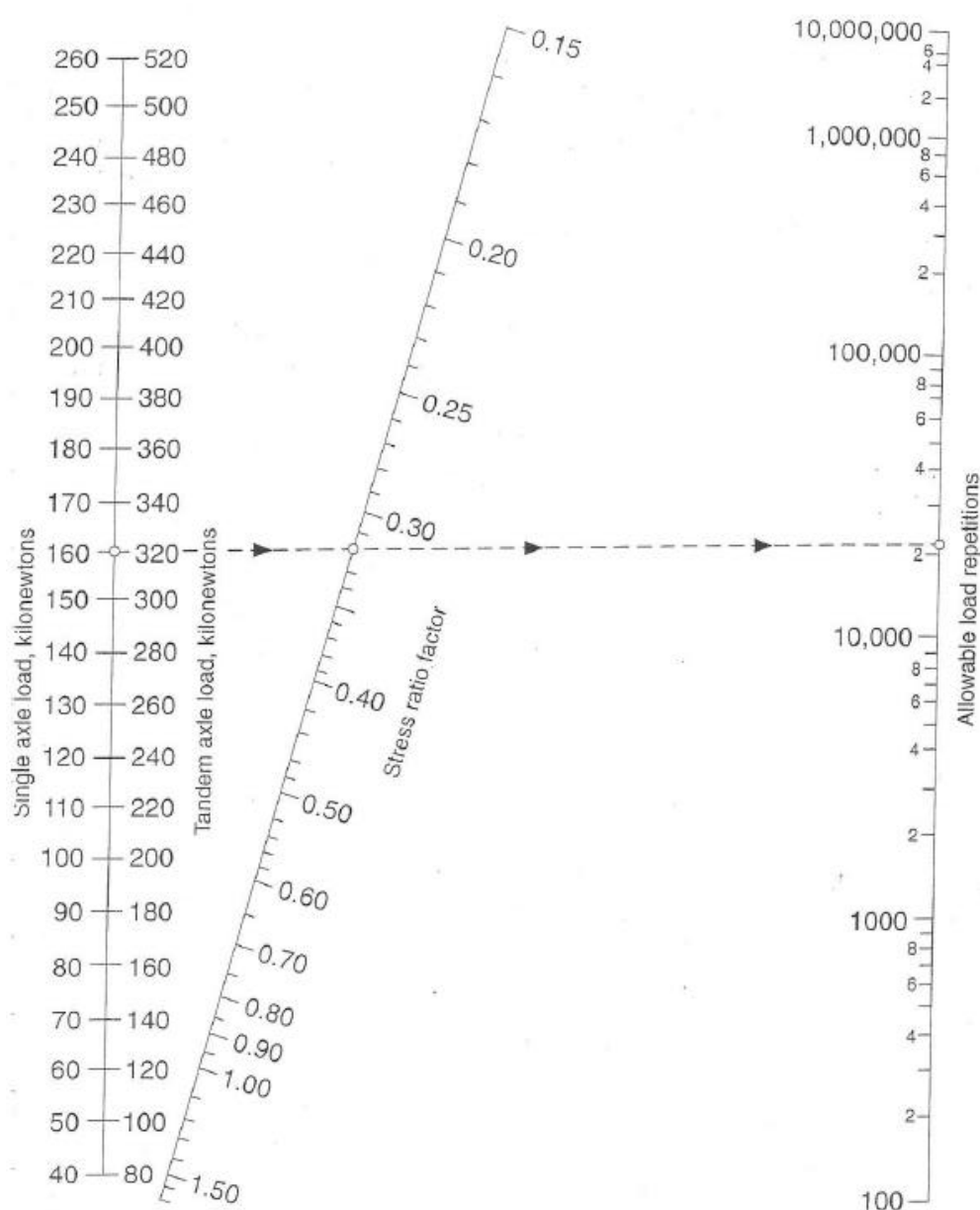


Figura 3.37 – Ábaco para a análise à fadiga

Para a análise ao desgaste o dimensionamento segue o mesmo padrão que para a análise à fadiga, sendo a análise feita junto aos bordos transversais de carga e as juntas são ou não impermeabilizadas. Com a espessura da laje e o módulo de reação global retirar-se-á o valor do fator de desgaste que permitirá retirar o valor das tensões admissíveis, com o auxílio do ábaco da Figura 3.38 (no caso de uma laje sem bermas em betão).

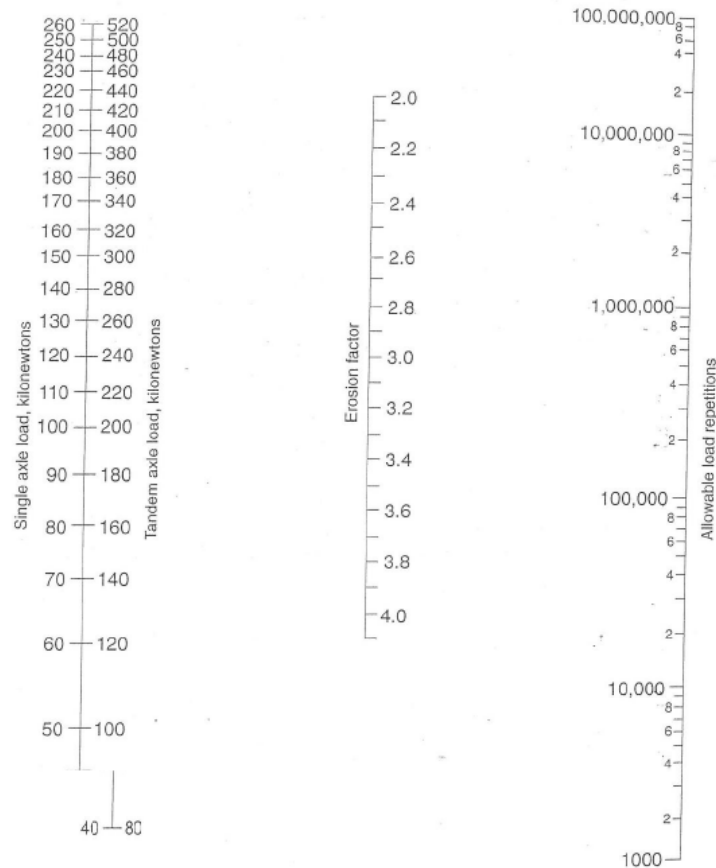


Figura 3.38 – Ábaco para análise ao desgaste, sem bermas em betão

Só com uma percentagem menor que 100%, tanto na análise à fadiga como ao desgaste, é que é possível concluir se o pavimento está bem dimensionado.

## 4 ESTUDOS DE CASO

O estágio curricular na DCCEEP permitiu a participação em vários projetos da rede viária municipal que de seguida serão apresentados. Todo o trabalho desenvolvido só foi possível devido à colaboração de toda a equipa da Divisão.

De acordo com a sua importância e abrangência são apresentados quatro estudos de estudo, descritos de seguida, que permitiram por em prática os conhecimentos já adquiridos assim como desenvolver novas aptidões para projetos futuros.

### 4.1 REQUALIFICAÇÃO DA AVENIDA DA REPÚBLICA

#### 4.1.1 Descrição

Este projeto refere-se a uma empreitada de Requalificação do pavimento da Avenida da República – Santa Marinha e Mafamude, entre o Jardim do Morro e a Rua António Luís Gomes e um troço da Rua Agueiro (Figura 4.1).

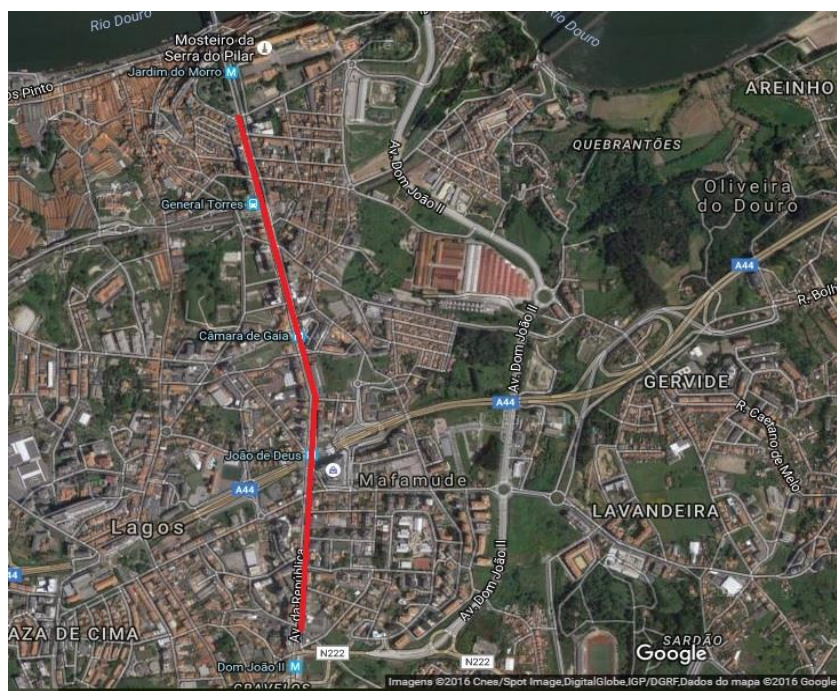


Figura 4.1 - Localização da Avenida da República (Google Maps, 2016)

A Avenida da República é uma via urbana fundamental no Município de Vila Nova de Gaia. O tráfego é muito intenso, tanto de ligeiros como de pesados de passageiros. Apesar desta avenida ter sido intervencionada em 2006 aquando da execução da linha do metro, o elevado numero de autocarros que circulam a baixa velocidade resultou num grande desgaste no pavimento. Este intensifica-se principalmente junto às passadeiras, semáforos e outros locais de paragem e arranque dos veículos, dado às reduzidas velocidades, muitas vezes inferiores a 20 km/h.

#### 4.1.2 Análise de Intervenção

As principais patologias existentes na avenida são o fendilhamento e as deformações, sendo identificadas nas figuras seguintes recolhidas no local.



Figura 4.2 - Fendilhamento – Pele de crocodilo



Figura 4.3 - Deformação localizada com pequenos abatimentos



Figura 4.4 - Fendilhamento e deformação das guias de bordo



Figura 4.5 – Fendilhamento na zona das rodeiras



Figura 4.6 - Veículo pesado a exercer carga, incita a produção de rodeiras.

O pavimento existente encontra-se revestido com misturas betuminosas apresentando varias patologias como foi possível observar. Paralelamente, recolheram-se em diferentes zonas carotes que permitiram confirmar a sua estrutura e o material.

As sondagens foram realizadas através da extração de carotes com uma máquina caroteadora apresentada na figura 4.7.



Figura 4.7 – Máquina caroteadora

Para a extração dos carotes foi utilizada uma caroteadora elétrica com uma coroa diamantada com 80 mm de diâmetro. É necessária a utilização de água como fluido de arrefecimento e apenas são extraídas as camadas de misturas betuminosas.

Foram realizadas sondagens em quatro pontos da avenida, duas em cada sentido, em frente aos números de polícia 407, 390, 1600 e 1629. Em cada local foram extraídos dois carotes, em zonas que apresentavam ou não fissuração superficial da camada betuminosa. A localização dos carotes encontra-se identificada na figura 4.8 e 4.9.



Figura 4.8 – Localização da extração dos carotes 1, 2, 3 e 4.



Figura 4.9 – Localização da extração dos carotes 5, 6, 7 e 8.

Constatou-se que o pavimento (Figura 4.10) é composto pela camada de desgaste de 3 cm, camada de base de 10 cm, indo de encontro ao previsto no projeto rodoviário da Avenida da República. Segundo esse mesmo projeto a estrutura inclui ainda duas camadas de 15 cm em ABGE.

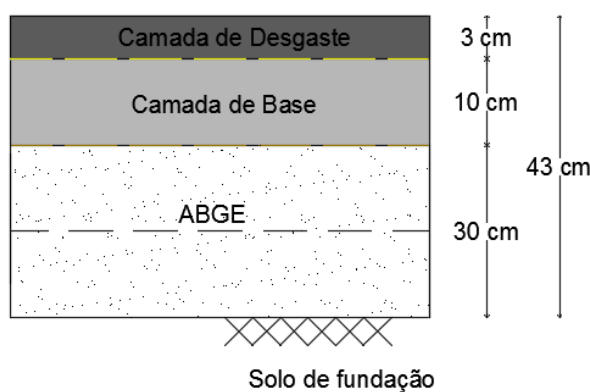


Figura 4.10 – Estrutura do pavimento existente na Avenida da Republica.

Analisados os carotes é possível visualizar várias fissuras na camada de desgaste assim como na camada de base que demonstram um insuficiente dimensionamento do pavimento da via para o elevado tráfego de pesados da via.

Na figura 4.11 e 4.12 apresenta-se o registo fotográfico das amostras das camadas de betuminoso obtidas nas carotagens.



Figura 4.11 – Carotes extraído nos pontos 1, 2, 3 e 4.



Figura 4.12 – Carotes extraídos nos pontos 5, 6, 7 e 8.

Os carotes foram extraídos tanto em zonas com fissuras superficiais na camada de desgaste como em zonas visualmente em bom estado. Extraídos os carotes, apresentaram fissuras profundas, por vezes até ao nível da camada granular, o que permite concluir que a camada de base não tem capacidade para suportar todo o tráfego da via. Quase todos os carotes desmembraram-se entre a camada de desgaste e a camada de base o que pode refletir uma insuficiente ou má aplicação da rega de colagem.

### 4.1.3 Estudo e Projeto

#### 4.1.3.1 Estudo de Tráfego

A circulação de veículos pesados nesta artéria é feita por autocarros com classificação I1, esta categoria e subcategoria, assim como as suas características encontram-se no Decreto-Lei nº 203/2007 de 28 de maio (antigo Decreto-Lei nº 99/2005) e no Decreto-Lei nº 133/2010 (antigos Decretos-Lei nº 99/2005 e 203/2007).

Foi efetuado um estudo de tráfego rodoviário onde se obteve um Tráfego Médio Diário Anual de pesados (TMDAp) de 494 autocarros/sentido. Considerou-se o tráfego de sábado 50% de um dia e o tráfego de domingo e feriados 20% do tráfego de um dia. Foram contabilizados 52 sábados, 52 domingos e 8 feriados. Seguidamente calculou-se a carga exercida por tipo de eixo e posteriormente transformou-se em cargas para eixo padrão de 80 kN e 130 kN. Considerou-se uma taxa de crescimento de 4% de acordo com a classe de tráfego a que este estudo pertence, T4 (Figura 4.13), assim como um período de vida útil de 20 anos, tempo usual de durabilidade para este tipo de pavimentos.

Classe	TMDAp	Taxa de crescimento anual (%) <sup>a</sup>	Fatores de agressividade		
			Pavimentos flexíveis		Pavimentos rígidos e semirrígidos
			Eixo 80 kN <sup>b</sup>	Eixo 130 kN <sup>c</sup>	Eixo 130 kN <sup>b</sup>
T7	< 50		Estudo específico		
T6	50 - 150	3	2	0,3	0,5
T5	150 - 300		3	0,4	0,6
T4	300 - 500	4	4	0,6	0,7
T3	500 - 800		4,5	0,7	0,8
T2	800 - 1200	5	5	0,7	0,9
T1	1200 - 2000		5,5	0,8	1
T0	> 2000		Estudo específico		

Figura 4.13 – Classes de tráfego consideradas no Manual de Conceção de Pavimentos

$$g = \sum_{i=1}^n (1 + tx)^{n-1} = \sum_{i=1}^{20} (1 + 0,04)^{(20-1)} = 29,78 \cong 30 \quad (4.1)$$

$$N = [TMDA \times 365 \times g] = 494 \times 365 \times 30 = 5,41 \times 10^6 \quad (4.2)$$

Tabela 4.1 – Categoria de veículos

Simples (s)			Nº de veículos
7,5	10	12	
1		1	2605131
1		1	458999

Na tabela 4.2 apresentam-se os números acumulados de eixos padrão para a via em estudo até ao ano de 2036.

Tabela 4.2 – Número de Eixos Padrão

Tipo de Eixo	Eixo (toneladas)	Peso Equivalente	Nº de eixos	N80	N130
Simples (s) via 1	7,5	73,575	2605131	1,86E+06	2813,6667
	12	117,72	2605131	1,22E+07	791976,76
				1,41E+07	7,95E+05
Simples (s) via 2	7,5	73,575	458999	3,28E+05	495,74127
	12	117,72	458999	2,15E+06	139538,76
			$\Sigma$	2,48E+06	1,40E+05

#### 4.1.3.2 Temperatura

A temperatura é um fator que condiciona bastante o módulo de deformabilidade de uma mistura betuminosa (E).

O cálculo da temperatura média só se tornou possível tendo por base os registos de temperatura máxima e mínima de cada mês (Tabela 4.3), de 1982 a 2014, na zona onde se insere a Avenida da Republica, em Vila Nova de Gaia, disponível em [www.weatheronline.pt](http://www.weatheronline.pt).

Tabela 4.3 – Temperaturas Médias Mensais e Fator de ponderação.

	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Média Temperatura (°C)	Fator de ponderação (w)
<b>Jan.</b>	5	13,2	9,1	0,24
<b>Fev.</b>	5,3	14,1	9,7	0,25
<b>Mar.</b>	7,6	16	11,8	0,33
<b>Abr.</b>	8,9	17,8	13,35	0,41
<b>Mai.</b>	11,1	19,3	15,2	0,52
<b>Jun.</b>	13,5	22,4	17,95	0,74
<b>Jul.</b>	14,6	24,5	19,55	0,91
<b>Ago.</b>	14,6	24,7	19,65	0,92
<b>Set.</b>	13,7	23,5	18,6	0,81
<b>Out.</b>	11,2	20,6	15,9	0,57
<b>Nov.</b>	8,1	16,3	12,2	0,35
<b>Dez.</b>	5,6	13,5	9,55	0,25

Tabela 4.4 – Temperatura e fator de ponderação médio

Média Temp. (°C)	Média W
14,38	0,52

Na primeira fase do pré-dimensionamento são arbitradas 4 camadas para o pavimento e as respectivas espessuras, como indica a tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Espessura arbitrada das camadas do pavimento a dimensionar

	Espessura(m)	z(m)	z(mm)
Camada de desgaste	0,05	0,05	50
Camada de regularização	0,06	0,11	110
Camada de base	0,10	0,21	210
Sub-base	0,20	0,41	410

São necessárias assim três temperaturas para as seguintes camadas:

- Camada de desgaste;
- Camada de regularização;
- Camada de base.

#### 4.1.3.3 Método da Shell (Claessen et al.)

O fator de ponderação, necessário neste método calculado encontra-se na tabela 4.4. Este valor provém da aplicação da expressão (4.3):

$$W = 0,0723 \times e^{0,1296 \times T_{MMA}} \quad (4.3)$$

Foi calculado para todos os meses o fator de correção, em que  $T_{MMA}$  é a média da temperatura de cada mês. No final é feita a média do fator de correção dos 12 meses, assumindo o valor de 0,52.

É necessário ainda o cálculo da Temperatura Média Mensal Anual ponderada,  $T_{MMAp}$ , calculado pela expressão (4.4):

$$T_{MMAp} = 7,7068 \times \ln(W_{\text{médio}}) + 20,257 \quad (4.4)$$

Sendo que o  $W_{\text{médio}}$  é de 0,52, o  $T_{MMAp} = 15,29^{\circ}\text{C}$ .

$$T_{MMAp} = 7,7068 \times \ln(0.52) + 20,257 = 15,29^{\circ}\text{C} \quad (4.5)$$

Assim, procedeu-se ao cálculo da temperatura de serviço (Tabela 4.6), tendo por base o Método da Shell (Claessen et al.) que é determinada através de um ábaco em função da espessura do pavimento e da  $T_{MMAp}$ .

Tabela 4.6 – Temperaturas de serviço pelo método da Shell.

Método da Shell	$T_{mb}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
Desgaste	24,00
Regularização	23,00
Base	22,00

#### 4.1.3.4 Módulo de deformabilidade

O módulo de deformabilidade trata-se de um parâmetro mecânico que permite avaliar o quociente entre a tensão aplicada e a extensão, ou seja, a deformação. De forma sucinta, caracteriza mecanicamente os materiais de todas as camadas do pavimento.

O CBR considerado foi de 7%, tendo por base os pressupostos de projeto para esta zona.

Para a camada de sub-base e fundação foi utilizada a expressão de Powel (1995) uma vez que é a mais utilizada.

A expressão de Powell traduz-se da seguinte forma:

$$E_f = 17,6 \times \text{CBR}^{0,64} = 17,6 \times 7^{0,64} = 61 \text{MPa} \quad (4.6)$$

Para o cálculo do módulo de deformabilidade da sub-base, utilizou-se a seguinte expressão:

$$E_s = E_f \times (0,2 \times h_s^{0,45}) = 61 \times (0,2 \times 200^{0,45}) = 133 \text{MPa} \quad (4.7)$$

Onde,

$h_s$ - Espessura da camada de sub-base (mm).

Para as camadas betuminosas foi utilizado o Método da Shell sendo que os dados necessários para os cálculos se encontram na tabela 4.7 e 4.8.

Tabela 4.7 – Tipo de betume e espessuras das camadas betuminosas

	Tipo	Betume	h(m)
Camada de desgaste	AC SMA14 SURF	PMB 45/80-60	0,05
Camada de regularização	AC 14 REG	35/50	0,06
Camada de base	AC 20 BIN	10/20	0,10

Tabela 4.8 - Propriedades das camadas betuminosas

	Desgaste	Regularização	Base
Vv (%)	4,50	5,00	8,00
Vb (%)	11,0	11,0	11,0
Va (%)	84,50	84,00	81,00
T (°C)	24,00	23,00	22,00
P200 (%)	6,8	6,5	4,5

Para o dimensionamento da camada de desgaste procederam-se aos seguintes cálculos:

- Índice de Penetração

$$PEN_{25} = 0,65 \times 80 = 52 \quad (4.8)$$

$$T_{AB} = 99,13 - 26,35 \times \text{Log}(52) = 53,9133^\circ\text{C} \quad (4.9)$$

$$IPEN = \frac{20 \times 55,44140 + 500 \times \text{Log}(52) - 20 * 53,9133}{53,9133 - 50 \times \text{Log}(52) + 120,15} = -0,173142 \quad (4.10)$$

- Rigidez do betume

$$S_b = 1,157 \times 10^{-7} \times \left(\frac{1}{40}\right)^{-0,368} \times 2,718^{-(-0,173142)} \times (60 - 24)^5 = 32,33 \text{ MPa} \quad (4.11)$$

- Módulo de deformabilidade

$$S_{m108} = 8 + 5,68 \times 10^{-3} \times 84,5 + 2,135 \times 10^{-4} \times 84,5^2 = 10,0044 \quad (4.12)$$

$$S_{m3109} = 10,82 - \frac{1,342 \times (100 - 84,5)}{84,5 + 11} = 10,6022 \quad (4.13)$$

$$S_{68} = 0,6 \times \log \frac{1,37 \times 11^2 - 1}{1,33 \times 11 - 1} = 0,6559 \quad (4.14)$$

$$S_{89} = 1,12 \times \frac{10,6022 - 10,0044}{\log(30)} = 0,4533 \quad (4.15)$$

$$A = \frac{S_{89} + S_{68}}{2} \times (\log(32,33) - 8) + \frac{S_{89} - S_{68}}{2} \times |\log(32,33) - 8| + S_{m108} = 9,6828 \quad (4.16)$$

$$Em = 10^{9,6828} = 4817 \text{ MPa} \quad (4.17)$$

A forma de cálculo para as restantes camadas respeitou o mesmo processo que o da camada de desgaste.

A tabela 4.9 indica os resultados obtidos das respetivas camadas, pela ordem nela referida.

Tabela 4.9 – Módulos de Deformabilidade das camadas pelo Método da Shell.

	S <sub>b</sub>	S <sub>m108</sub>	S <sub>m3109</sub>	S <sub>m68</sub>	S <sub>m89</sub>	A	Em (MPa)
Camada de desgaste	32,3289	10,2627	10,6865	0,4775	0,3214	10,0285	4817
Camada de regularização	25,9471	10,2406	10,6787	0,4775	0,3322	9,9608	3975
Camada de base	204,9797	10,1101	10,6304	0,4775	0,3945	10,2331	10521

Como já foi referido, a Avenida da República trata-se de uma via com elevado tráfego de pesados de passageiros e de velocidades baixas. Assim sendo, o método de Capitão recai sobre essas premissas, e foi necessário proceder ao seu cálculo para a camada de base agora referida como de alto módulo.

A propriedades do betume são as referidas nas tabelas 4.7 e 4.8.

O valor da rigidez do betume já se encontra calculado no método anterior e o valor da extensão de tração admissível é de 120microns.

A percentagem volumétrica de betume e o tempo de carga estão definidos respetivamente nas equações (4.14) e (4.15).

$$Vb = \frac{5 * 2300}{1040} = 11,06\% \quad (4.18)$$

$$tc = \frac{1}{Vm} = \frac{1}{40} = 0,025 \quad (4.19)$$

O valor da rigidez do betume já se encontra calculado no método anterior e o valor da extensão de tração admissível é de 120microns, tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Valor da rigidez do betume e da extensão de tração admissível

Sb	$\epsilon_{tadm}$
204,98	120 microns

O módulo de deformabilidade pelo método Capitão encontra-se expresso na equação (4.20)

$$E_{MBAM} = 30231 - 215101 * 0.025 - 331.9 * 22 - 853.5 * 11.06 - 16.94 * 120 + 6.33 * 204,98 \quad (4.20)$$

$$E_{MBAM} = 12702MPa$$

#### 4.1.3.5 Extensões de tração

Após a obtenção dos dados anteriores foi necessário calcular as tensões máximas admissíveis para cada camada do pavimento através do Método da Shell.

A Tabela 4.11 apresenta os dados necessários à obtenção do resultado das extensões de tração para as diferentes camadas.

Tabela 4.11 – Dados para a obtenção das extensões de tração

DADOS	Desgaste	Regularização	Base
Vb	5,00	5,00	5,00
$E_{mb}$	4817	3975	12702
$N_{130}$	7,95E+05		

Com os dados atrás referidos, calculam-se as extensões de tração para a camada de desgaste pela seguinte expressão:

$$\epsilon_t = (0,856 \times Vb + 1,08) \times E_{mb}^{-0,36} \times N_{130}^{-0,2} \quad (4.21)$$

$$\epsilon_t = (0,856 \times 5 + 1,08) \times (4817 \times 10^{-6})^{-0,36} \times (7,95 \times 10^6)^{-0,2} = 1,16 \times 10^{-4} \quad (4.22)$$

Em que,

## CAPITULO 4

$V_b$  – Percentagem volumétrica de betume (%);

$\epsilon_t$  – Extensão de tração (microns);

$N_{130}$  – Número de eixos padrão de 130 kN;

$E_{mb}$  – Módulo de deformabilidade das misturas betuminosas (Pa).

A método de cálculo para as restantes camadas respeitou o mesmo processo que o da camada de desgaste, sendo assim obtidos os resultados das respetivas camadas que se apresentam na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 – Resultados das Extensões de tração

$\epsilon_{td}$	1,16E-04
$\epsilon_{tr}$	1,24E-04
$\epsilon_{tb}$	9,86E-05

### 4.1.3.6 Extensões verticais

O método da Shell considera o cálculo das extensões verticais apenas para a base.

$$\epsilon_v = k_s \times N_{130}^{-0,25} \quad (4.23)$$

$$\epsilon_v = 0,018 \times (7,95 \times 10^5)^{-0,25} = 6,03 \times 10^{-4} \quad (4.24)$$

Onde,

$E_v$  – Extensão vertical (microns);

$N_{130}$  – Número de eixos padrão de 130 kN;

$K_s$  – Coeficiente que depende da probabilidade de sobrevivência do pavimento.

### 4.1.4 Resultados

Após a realização dos cálculos referentes ao dimensionamento do novo pavimento e para verificar se as tensões registadas são inferiores às admissíveis, utilizou-se um programa de cálculo automático.

No programa são introduzidas as espessuras de todas as camadas da estrutura do pavimento a dimensionar assim como os respetivos módulos de deformabilidade.

Numa primeira iteração introduziu-se o valor do módulo de deformabilidade da camada de base calculado pelo Método da Shell e uma sub-base de ABGE. Na primeira iteração não verificava.

Na segunda iteração substituiu-se o valor do módulo de deformabilidade da camada de base pelo calculado pelo Método Capitão e adicionou-se 3% de cimento à camada de ABGE,  $E=188$  MPa.

Os valores obtidos apresentados na figura 4.15 permitem concluir que as espessuras adotadas para o pavimento flexível são suficientes para aguentar os esforços a que o pavimento está sujeito. As extensões admissíveis são superiores às extensões calculadas.

Esp. (m)	E (Mpa)	Poisson coef.	Zcalc. (m)	EpsT ( $\mu$ def)	SigmaT (Mpa)	EpsZ ( $\mu$ def)	SigmaZ (Mpa)
0,05	4817,0	0,35	0,0000	62,7	0,581	-31,9	0,659
			0,0500	30,4	0,515	39,7	0,630
0,06	3975,0	0,35	0,0500	30,4	0,428	56,9	0,630
			0,1100	11,9	0,175	50,2	0,427
0,10	12702,0	0,35	0,1100	11,9	0,486	4,3	0,427
			0,2100	-95,7	-1,663	88,2	0,046
0,20	188,0	0,35	0,2100	-95,7	0,000	238,7	0,046
			0,4100	-139,6	-0,024	227,3	0,027
infinito	70,0	0,45	0,4100	-139,6	0,005	310,6	0,027

Figura 4.14 – Resultados do programa de calculo automático

Devido aos custos envolventes com esta intervenção e apesar da falta de capacidade de resistência do pavimento na avenida às ações existentes, ponderou-se reabilitar apenas os locais onde o pavimento se encontra mais danificado, nomeadamente nas zonas em que as cargas são mais intensas e inerentes ao tráfego.

Assim, propõe-se a demolição da camada de desgaste e da camada de base, rebaixamento da caixa de camada de ABGE, fornecimento e aplicação conforme a nova estrutura dimensionada.

A opção pela utilização da camada de desgaste em SMA prendeu-se com o facto de esta poder ser utilizada com espessuras menores às usuais apresentando de igual modo uma grande resistência às deformações permanentes, uma elevada resistência à fadiga e um menor ruído. As misturas SMA apresentam enumeras propriedades que obedecem a alguns princípios e as fazem distinguir de outras misturas, como o facto de possuir um esqueleto mineral descontínuo que permite a dispersão adequada das cargas sem deformação plástica permanente, proporcionando ainda uma macro textura na superfície que melhora

essencialmente as propriedades funcionais e de aderência na camada de desgaste. Esta mistura é composta por um granulado de fibras de celulose (Figura 4.15) que permite a retenção de todo o ligante e um bom revestimento dos agregados, formando assim uma espessura constante. A espessura de pelo menos três vezes o tamanho nominal máximo do agregado garante que o esqueleto descontínuo funciona corretamente na dispersão das cargas através do contacto entre as partículas grossas do agregado e por um certo efeito de confinamento, Figura 4.16.



Figura 4.15 – Granulado de fibras de celulose das misturas SMA (Viatop, 2014)

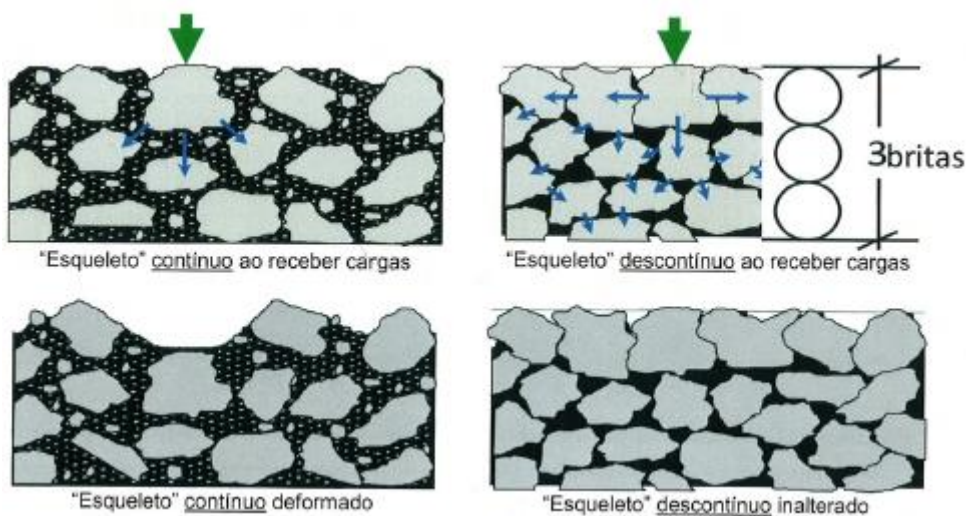


Figura 4.16 – Diferença entre um pavimento contínuo e descontínuo (Viatop, 2014)

A introdução de um betume modificado com polímeros (PMB 45/80-65) na mistura atrás referida evita o escorrimento do ligante, tem elevada elasticidade a baixas temperaturas e gera maior adesividade aos agregados. Este betume asfáltico é obtido por reação química entre o ligante base e polímeros do tipo elastomérico.

O novo pavimento a colocar apresenta-se na figura 4.17.

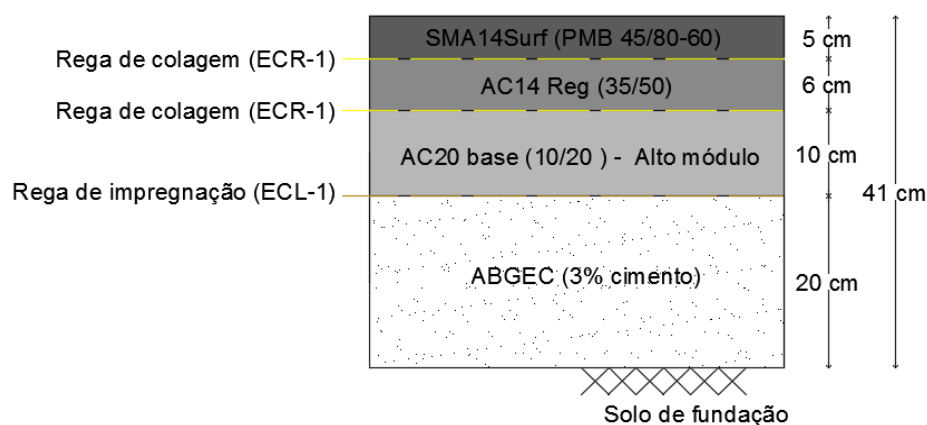


Figura 4.17 – Nova estrutura do pavimento para a Avenida da República

## 4.2 REQUALIFICAÇÃO DA RUA HERÓIS DO ULTRAMAR – VILAR DE ANDORINHO

### 4.2.1 Descrição

Este projeto refere-se à Requalificação da Rua Heróis do Ultramar – Fase 2, entre a passagem superior da A20 / IP1 e a Rua do Pinhal, na freguesia de Vilar do Andorinho, figura 4.18.



Figura 4.18 – Localização da Rua Heróis do Ultramar (Google Maps 2016)

Esta artéria municipal está classificada como eixo complementar, sendo uma via de ligação com bastante trânsito, ladeada de casas de habitação, edifícios de habitação coletiva, comércio e capela local.

### 4.2.2 Análise de Intervenção

A requalificação desta rua justifica-se pela necessidade de melhorar as condições do local para moradores e automobilistas, tendo em vista as melhores condições de mobilidade. Justifica-se também por renovar e ampliar infraestruturas existentes.

A zona de intervenção tem a extensão de 1146 metros. A faixa de rodagem em calçada de cubos tem largura variável, cerca de 6,00m e apresenta-se bastante irregular. A ladeá-la tem, em algumas partes da extensão, baias de estacionamento e bermas revestidas a calçada de cubos de granito, assim como algumas extensões com passeios predominantemente em betonilha esquadrejada.

### 4.2.3 Estudo

Os pavimentos da faixa de rodagem, baias de estacionamento e bermas são em calçada de cubos de granito, com irregularidades e deformações (Figura 4.19).



Figura 4.19 – Faixa de rodagem existente da Rua Heróis do Ultramar - Rodeiras

Os passeios existentes possuem diferentes larguras e diferentes materiais, com e sem lancil, uns de granito e outros de betão. De forma geral estão irregulares e em mau estado, Figura 4.20. Há pequenas extensões em bom estado, em que os passeios estão revestidos com pedra hexagonal de betão.



Figura 4.20 – Faixa de rodagem e passeios irregulares na Rua Heróis do Ultramar

Outra preocupação é terminar com o estacionamento inadequado dos veículos ligeiros, Figura 4.21.



Figura 4.21 – Estacionamento desordenado na Rua Heróis do Ultramar

Assim, conclui-se ser necessário manter os dois sentidos de trânsito nesta via e com a possibilidade do alargamento do canal existentes entre muros, ou fachadas, propôs-se:

- Substituir a calçada de cubo por um pavimento mais regular e menos ruidoso, como por exemplo o betão betuminoso;
- Uniformizar a largura da faixa de rodagem com 6,50m – indispensável a uma via com estas características, exceto onde a largura do canal for insuficiente;
- Criar baias de estacionamento longitudinais com a largura de 2,20m nas extensões possíveis, redefinindo as existentes;
- Redefinir passeios, prolongando-os e alargando-os sempre que possível;

- Redefinir a localização das paragens dos transportes públicos e dos contentores de resíduos sólidos urbanos;
- Completar, renovar e/ou ampliar as infraestruturas existentes nesta artéria – infraestruturas eletrotécnicas da responsabilidade do município e restantes da responsabilidade das entidades competentes.

#### 4.2.4 Projeto

Os trabalhos iniciais a realizar para a reabilitação desta rua estão definidos na planta de trabalho (Anexo C) com a cor amarela e são os seguintes:

- Levantamento da calçada de cubos em toda a extensão e em toda a largura da rua, na zona de intervenção;
- Fresagem da camada de desgaste em betão betuminoso, entre a junta de dilatação do viaduto da A20 e a área pavimentada com calçada;
- Demolição dos passeios em betonilha assinalados e da base de betão do abrigo da paragem dos transportes públicos;
- Demolição de muros;
- Demolição do pavimento de betonilha do interior do adro da capela local;
- Levantamento de lancis de granito e do revestimento de passeios em pedra hexagonal de betão.

Para a pavimentação da faixa de rodagem (Figura 4.22) concluiu-se ser necessária a execução das seguintes tarefas:

- Abertura, regularização e compactação da caixa de fundação;
- Fundação em ABGE 0/32mm, com duas camadas de 0,20m de espessura depois de compactadas;
- Aplicação de camada de base em mistura betuminosa a quente com a espessura de 0,12m AC32 base 35/50 (MB);
- Aplicação de camada de desgaste em mistura betuminosa a quente com a espessura de 0,05m AC14 surf 35/50 (BB).

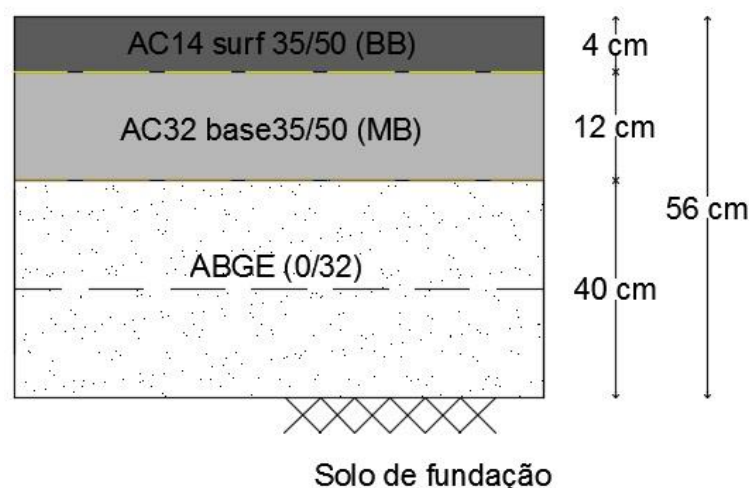


Figura 4.22 – Estrutura do novo pavimento da Rua Heróis do Ultramar

Para realizar a pavimentação das baias de estacionamento ou bermas é necessário:

- Regularização e compactação da fundação às cotas de trabalho;
- Assentamento de guias de granito com 0,14x0,20m, enterradas, na separação de materiais de revestimento dos pavimentos;
- Assentamento dos cubos existentes em obra sobre a almofada de 0,06m de areia;

A Figura 4.23 representa um pormenor de pavimentação de uma baia de estacionamento entre a estrutura de um passeio à esquerda e a estrutura de uma via à direita.

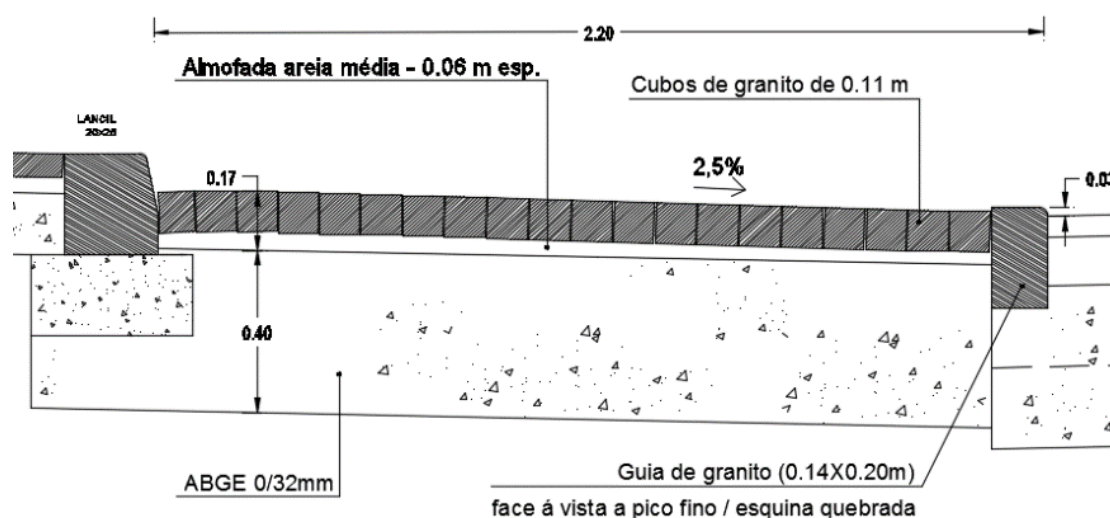


Figura 4.23 – Pormenor de pavimentação de uma baia de estacionamento

Para uma correta pavimentação de passeios é fundamental a colocação dos seguintes materiais expostos na Figura 4.24:

## CAPITULO 4

- Assentamento de lancil corrente em betão (0,20x0,25m), sobre fundação a construir;
- Regularização e compactação da fundação às cotas de trabalho, incluindo abertura de caixa onde necessário;
- Fundação em camada de ABGE 0/32mm de 0,15m de espessura depois de compactada;
- Revestimento de pedra hexagonal de betão de 0,06m de espessura, sobre almofada de areia com 0,04m de espessura.

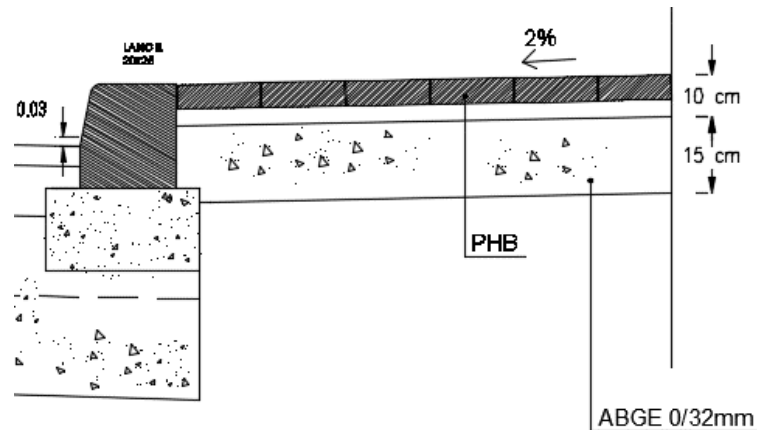


Figura 4.24 – Pormenor da pavimentação de passeios

Outros trabalhos a realizar:

- Execução de travessias, valas e tubos enterrados para infraestruturas eletrotécnicas (Figura 4.25);



Figura 4.25 – Vala para infraestruturas eletrotécnicas

- Acerto de cotas das tampas de câmaras de visita existentes, exceto da rede de águas pluviais (Figura 4.26);



Figura 4.26 – Nivelamento de tampas de câmaras de visita

- Acerto de cotas de tampas móveis dos ramais de água e de gás;
- Acerto de cotas de soleiras;
- Ligação de saídas de água existentes, das propriedades particulares, ao bordo do lancil ou às caixas de visita existentes ou a construir nos passeios (Figura 4.27).

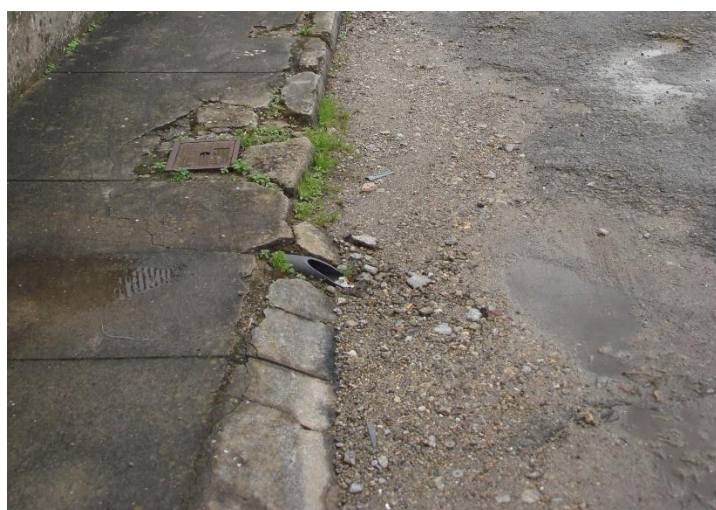


Figura 4.27 – Saída de água de uma propriedade privada para a via

Os restantes trabalhos da rede de águas residuais e pluviais são da responsabilidade das Águas de Gaia.

### 4.3 ADAPTAÇÃO DO NOVO ACORDO QUADRO

#### 4.3.1 Descrição

Entende-se por Acordo Quadro (AQ), o contrato entre uma entidade adjudicante e um ou mais empreiteiros, fornecedores de bens ou prestadores de serviços que tem por objetivo fixar os termos e condições de contratos, sujeitos ao regime de contratação previsto no presente diploma, a celebrar durante um determinado período, nomeadamente em materiais e preços e, se necessário, de quantidades previstas.

Este acordo encontra-se no Código dos Contratos Públicos (CCP) aprovado pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de janeiro.

A Câmara de Vila Nova de Gaia celebra anualmente um contrato de Empreitada de Obras Públicas com a seguinte designação “Concurso Público para a Celebração de Acordos Quadro Singulares para a Realização de Obras na Via Pública”. No presente ano, o montante celebrado em contrato é de 5.200.000€.

Este foi dividido em 2 lotes com as respetivas áreas de intervenção (Figura 4.28):

- Área de Intervenção (A): S. Pedro da Afurada, Canidelo, Santa Marinha, Mafamude, Vilar do Paraíso, Oliveira do Douro, Madalena, Valadares, Gulpilhares, Canelas, Arcozelo, S. Félix da Marinha.
- Área de Intervenção (B): Avintes, Vilar de Andorinho, Pedroso, Sermonde, Serzedo, Perosinho, Seixezelo, Grijó, Olival, Sandim, Crestuma, Lever.



Figura 4.28 – Mapa de Zonas das Áreas de intervenção

A distinção de zonas justifica-se pelas suas características e possíveis diferenças de custo, a Zona A é mais litoral e a pavimentação é essencialmente em betão betuminoso, enquanto que a Zona B, mais interior, expõe maioritariamente a pavimentação a cubos de granito.

O Acordo Quadro é composto por três anexos:

- Esclarecimentos e retificações relativos ao Caderno de Encargos;
- Caderno de Encargos;
- Proposta adjudicada.

### **4.3.2 Caderno de Encargos**

O Caderno de Encargos é um elemento fundamental de um projeto de execução que especifica os diferentes materiais de construção a utilizar, a forma de os aplicar e a fase de obra em que se aplicam. É neste documento que se estabelecem todas as normas técnicas, jurídicas e económicas de uma obra.

Embora este Caderno não tenha uma forma instituída, segue normalmente uma certa organização.

No seguimento do Caderno de Encargos da ex-JAE (CETO) e adaptando à realidade das estradas municipais de Vila Nova de Gaia, procurou-se criar uma homogeneidade e coerência de procedimentos nos grupos de trabalho que compõe um projeto rodoviário: Terraplenagens, Drenagem, Pavimentação, Sinalização e Segurança e Obras Acessórias.

Pretendeu-se desenvolver e completar o trabalho já realizado pelo DCCEEP mais propriamente o grupo de Pavimentação. Este está subdividido em três categorias: Condições Técnicas Gerais (CTG), Condições Técnicas Especiais (CTE) e Pormenores.

Nas CTG contemplou-se:

1. Materiais constituintes das camadas não ligadas, camadas tratadas com ligantes hidráulicos e camadas betuminosas;
2. Camadas em solos ou em materiais granulares com características de sub-base;
3. Camadas de misturas com ligantes hidráulicos com características de sub-base;
4. Camadas em ABGE com características de base;
5. Camadas de misturas com ligantes hidráulicos com características de base;
6. Camadas de agregado britado de granulometria extensa com emulsão betuminosa com características de base e de regularização;

## CAPITULO 4

7. Mistura betuminosa aberta a frio para camadas de base e de regularização;
8. Disposições gerais para o estudo, fabrico, transporte e aplicação de misturas betuminosas a quente;
9. Camadas de base e regularização em macadame betuminoso;
10. Semipenetração betuminosa;
11. Camadas de regularização em mistura betuminosa densa e betão betuminoso;
12. Camada de desgaste em betão betuminoso;
13. Incrustação de gravilhas em camadas de desgaste em betão betuminoso;
14. Camada de regularização e de desgaste em argamassa;
15. Tratamentos de pavimentos betuminosos fissuras vista ao seu esforço;
16. Camada de desgaste em micro aglomerado betuminoso a frio;
17. Pavimentação a cubos de granito 0,11x0,11m ou paralelepípedos 0,23x0,11m;
18. Reciclagem de pavimentos;
19. Controlo de Qualidade.

Nas CTE distinguiram-se com alguma pormenorização alguns tipos de pavimentação:

1. Misturas betuminosas descontínuas – SMA;
2. Pavimentação a cubos de granito 0,05m de aresta;
3. Pavimentação a lajeado de granito;
4. Pavimentação a cubos de calcário ou basalto;
5. Pavimentação a pedras de chão;
6. Pavimentação com macadame hidráulico;
7. Pavimentação a betonilha esquartelada e betão contínuo;
8. Pavimentação a saibro com ligante reativo do tipo “*Activ-sol*”;
9. Pavimentação a argamassa porosa do tipo “*Terraway*”;
10. Pintura de pavimentos com argamassa acrílica de resinas sintéticas;
11. Pavimentação de bermas e capeamento de valetas.

Distinguem-se duas retificações de maior importância neste trabalho. Nas CTG, mais propriamente na pavimentação a cubos de granito 0,11x0,11, indicou-se o uso exclusivo de material de classe 1 pelas suas

boas características. Nas CTE introduziu-se o tipo de mistura betuminosa SMA, definiu-se como uma mistura a utilizar em camadas de desgaste ou outras, resultante da combinação de agregados com granulometria descontínua e um ligante modificado. Inclui ainda a adição de fibras celulósicas com betume.

Com o intuito de colaborar com a Divisão de Gestão de Empreitadas e Fiscalização e permitir que a execução da obra seja conforme descrita em projeto optou-se por introduzir ensaios laboratoriais. Estes possibilitam ainda o controlo da qualidade e especificidades dos materiais utilizados, estabelecem indicadores do estado de conservação dos pavimentos, permitem elaborar metodologias de medida das características superficiais e estruturais dos pavimentos e otimizar as características e funcionalidades dos pavimentos. No Mapa de Trabalhos do novo AQ são apresentados os seguintes ensaios:

- Ensaio de determinação da percentagem de ligante solúvel (EN 12697-1);
- Ensaio de determinação da baridade máxima teórica (EN 12697-5)
- Ensaio de determinação da granulometria de misturas em betão betuminoso (EN 12697-2);
- Ensaio de determinação da composição volumétrica de provetes em betão betuminoso (EN 12697-5);
- Ensaio Marshall (EN 12697-34);
- Ensaio de escorrimento (EN 12679-18).

### **4.3.3 Mapa de Quantidades e Orçamento**

No Acordo Quadro contemplou-se um mapa de quantidades com uma lista de fornecimento e aplicação de materiais e aplicação com os respetivos custos financeiros.

Durante a vigência do contrato, o empreiteiro é obrigado a respeitar os valores financeiros negociados.

O custo da obra resulta da soma dos gastos correspondentes a estaleiro, materiais, pessoal, transportes, utensílios, máquinas e de tudo o mais necessário para a execução da obra, conforme o projeto.

Na Figura 4.29 pretende-se fazer a apresentação do modelo a concurso, a folha contém as células para as medições de cada artigo, com os correspondentes preços unitários do orçamento aprovado. Os preços apresentados são meramente elucidativos sendo da competência dos concorrentes apresentar os seus preços unitários.

## CONCURSO PÚBLICO PARA A CELEBRAÇÃO DE ACORDOS QUADRO SINGULARES PARA A REALIZAÇÃO DE OBRAS NA VIA PÚBLICA

MAPA DE TRABALHOS - LISTA DE PREÇOS UNITARIOS AQ  
2016

Código	Designação	Unidade	Quantidades	Preço base	Total
4.2.4.1.3	Idem, em áreas > 2.500 e ≤ 5.000 m <sup>2</sup> .	m <sup>2</sup>		3,69 €	
4.2.4.1.4	Idem, em áreas > 5.000 m <sup>2</sup> .	m <sup>2</sup>		3,51 €	
<b>4.3 REGAS DE IMPREGNAÇÃO E DE COLAGEM</b>					
4.3.1	Rega de colagem, com emulsão betuminosa catiónica C60B3 (antes ECR-1), com taxa de espalhamento inferior a 0,5 kg/m <sup>2</sup> , em conformidade com o projeto e C.E.	m <sup>2</sup>		0,72 €	
4.3.2	Rega de colagem, com emulsão betuminosa modificada C60BP3 (antes ECR-1m), com taxa de espalhamento de 0,3 a 0,4 kg/m <sup>2</sup> , em conformidade com o projeto e C.E.	m <sup>2</sup>		0,72 €	
4.3.3	Rega de impregnação, com emulsão betuminosa catiónica C50BF4 (antes ECI), com taxa de espalhamento superior a 1,0 kg/m <sup>2</sup> , incluindo regularização, compactação e varredura da camada granular subjacente, em conformidade com o projeto e C.E.	m <sup>2</sup>		0,90 €	
<b>4.4 PAVIMENTAÇÃO COM MISTURAS BETUMINOSAS NA FAIXA DE RODAGEM</b>					
4.4.1	Pavimentação com mistura betuminosa a quente, com características de desgaste, em AC14 surf 35/50(BB), incluindo o fornecimento e aplicação e compactação conforme o projeto e C.E.				
<b>4.4.1.1 Em áreas ≤ 1000 m<sup>2</sup>:</b>					
4.4.1.1.1	Com 0,04 m de espessura.	m <sup>2</sup>		5,13 €	
4.4.1.1.2	Idem com 0,05 m de espessura.	m <sup>2</sup>		6,03 €	
4.4.1.1.3	Idem com 0,06 m de espessura.	m <sup>2</sup>		6,93 €	
<b>4.4.1.2 Idem em áreas &gt; 1.000 e ≤ 2.500 m<sup>2</sup>:</b>					
4.4.1.2.1	Com 0,04 m de espessura.	m <sup>2</sup>		4,95 €	
4.4.1.2.2	Idem com 0,05 m de espessura.	m <sup>2</sup>		5,85 €	
4.4.1.2.3	Idem com 0,06 m de espessura.	m <sup>2</sup>		6,75 €	
<b>4.4.1.3 Idem em áreas &gt; 2.500 e ≤ 5.000 m<sup>2</sup>:</b>					
4.4.1.3.1	Com 0,04 m de espessura.	m <sup>2</sup>		4,73 €	

Figura 4.29 – Mapa de Quantidade e Preços Unitários

A adjudicação é feita segundo o critério da proposta economicamente mais vantajosa, preço mais baixo, tendo em conta uma ponderação mínima de 90% no preço de cada artigo.

## 4.4 PROLONGAMENTO DA RUA IGREJA DO PARAÍSO – VILAR DO PARAÍSO

### 4.4.1 Descrição

Este projeto refere-se aos trabalhos de requalificação e prolongamento da Rua Igreja do Paraíso, entre a Rua Camilo Castelo Branco a norte e os arruamentos do aglomerado urbano situado a sul da igreja matriz e cemitério de Vilar do Paraíso, na União de Freguesias de Mafamude e Vilar do Paraíso (Figura 4.30).



Figura 4.30 - Localização do prolongamento da Rua Igreja do Paraíso (Google Maps 2016)

#### 4.4.2 Análise de Intervenção

Esta intervenção justifica-se por prever o melhoramento do acesso à igreja, ao cemitério, especialmente à parte ampliada recentemente, e ao aglomerado urbano situado a sul criando também lugares de estacionamento. Justifica-se ainda pela necessidade de cumprir o protocolo assinado entre a Câmara Municipal e os proprietários da Quinta dos Morgados, confinante com esta rua.

Existem condicionantes devido às cláusulas no protocolo atrás referido: existência de linhas de água a transpor, a natureza do solo, cotas dos arrumamentos de ligação e das soleiras do cemitério e da fábrica.

A área de cedência protocolada não contempla o espaço ocupado com taludes o que implicará autorização/cedência dos proprietários para a execução das obras.

A Figura 4.31 contém três áreas definidas com cores, a castanha é referente à propriedade privada, a laranja à área cedida para a implantação da nova vida e a verde corresponde à parte nova do cemitério.

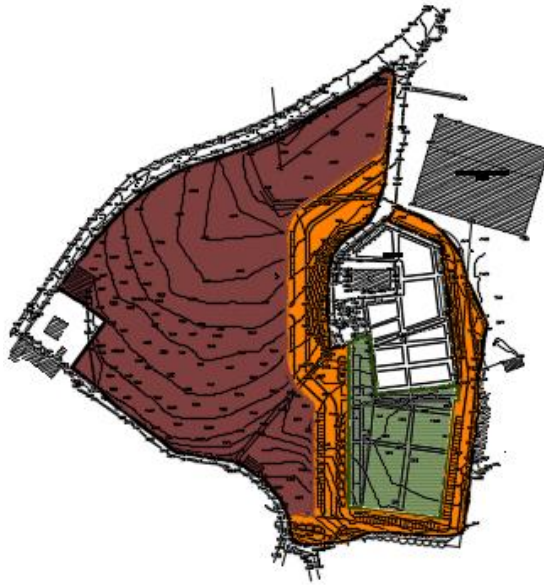


Figura 4.31 – Áreas de intervenção junto à Rua Igreja do Paraíso

#### 4.4.3 Estudo e Projeto

A área intervenção é de 11.800 m<sup>2</sup>, com a extensão de 390 m, sendo a área de pavimento da faixa de rodagem 5.000 m<sup>2</sup>, a área de passeios e rua-passeio 2.550 m<sup>2</sup> e a área verde a tratar 3.650 m<sup>2</sup>.

A solução proposta (Figura 4.32) respeita inteiramente o traçado previsto no protocolo atrás referido, com ligeiros ajustamentos, para cumprimento de raios mínimos de circulação automóvel e para adaptação às condições do local, mais concretamente nas ligações aos arruamentos existentes e ainda à igreja e ao cemitério.



Figura 4.32 – Solução proposta para a ampliação da Rua Igreja do Paraíso

O traçado é coincidente com a Rua da Igreja do Paraíso apenas no troço reto, no extremo norte, que liga à Rua Camilo Castelo Branco. Este troço está revestido a calçada de cubos, com a largura média de cerca de 8,5 m, com passeios apenas no entroncamento (Figura 3.33). Nesta extensão previu-se melhorar a ligação à Rua Camilo Castelo Branco, para o lado poente, aumentando o raio de curvatura, considerando a circulação de veículos pesados para acesso à fábrica; alargar a plataforma e construir passeios, conforme o perfil adotado na extensão nova a construir; subir as cotas da faixa de rodagem cerca de 0,26m para reduzir o desnível ao entroncamento a norte e à rampa de acesso à igreja e ainda para minimizar os efeitos de possíveis cheias.

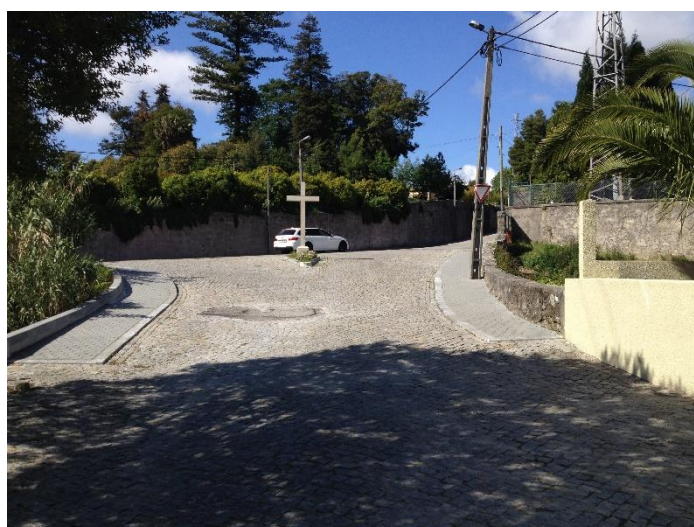


Figura 4.33 – Cruzamento entre a Rua Camilo Castelo Branco e a Rua da Igreja do Paraíso

A parte a construir está implantada no vale (Figura 4.34), contorna o morro da igreja à cota baixa, aproxima-se do cemitério e chega aos arruamentos do lado sul já em áreas de aterro antes executado.



Figura 4.34 – Vale para construção do prolongamento da Rua da Igreja do Paraíso

A proposta inicial desde projeto contemplava, a sul, um cruzamento que do ponto de vista da Divisão de Mobilidade não era funcional, assim, optou-se pela criação de uma placa central com raio de 8,5m para simplificar a ligação às ruas estreitas existentes e permitir o retorno de veículos. O raio mínimo de 8,5m permite a circulação de veículos pesados de passageiros.

Na rampa de acesso à igreja, a manter, previram-se pequenas intervenções pontuais, redefinindo o traçado na parte onde existe uma sobrelargura e, a estética, onde se propõe a substituição do pavimento betuminoso por calçada de cubos, para melhor definir os limites dos diferentes materiais do pavimento.



Figura 4.35 – Rampa de acesso à igreja

Após aprovação do traçado definitivo deu-se conhecimento às restantes entidades gestoras de infraestruturas em arruamentos e solicitou-se a execução dos projetos de especialidade: Redes de água, saneamento e passagens hidráulicas, a solicitar a APBG; Infraestruturas eletrotécnicas; Espaços verdes; Equipamentos para resíduos sólidos urbanos; Sinalização rodoviária; e ainda o PSS – Plano de segurança e saúde e o PGRDC – Plano de gestão de resíduos de demolição e construção, aplicáveis à realização da empreitada, sendo também solicitado o estudo geológico do terreno, a entidades externas.

Os principais trabalhos a realizar encontram-se descritos de seguida e estão delineados na planta de trabalhos, a amarelo as demolições e delineado a vermelho as construções (Figura 4.36).

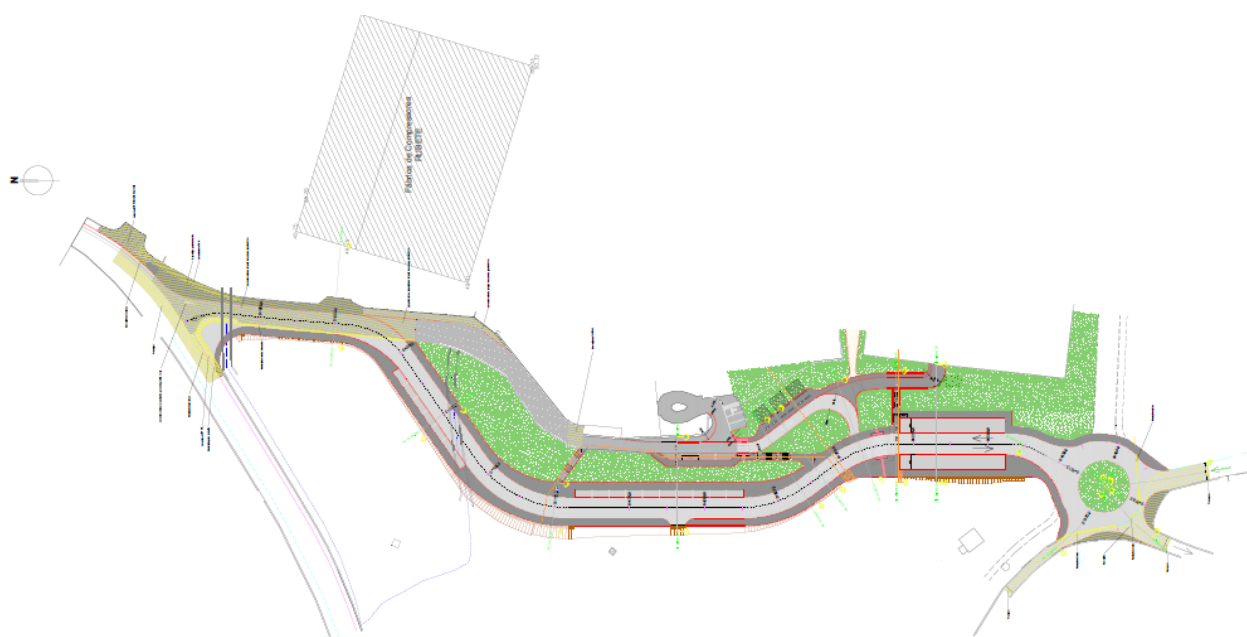


Figura 4.36 – Planta de trabalhos

Trabalhos a executar em demolições:

- Fresagem das áreas da camada de desgaste pavimentadas com betão betuminoso, nas transições dos pavimentos existentes com os novos;
- Levantamento da calçada de cubos, para novo alinhamento e repavimentar;
- Demolição de parte do pavimento em betão betuminoso, junto à escadaria da igreja, para substituir por calçada de cubos;
- Levantamento e reposição de guias de granito enterradas na separação de pavimentos betuminosos / calçada de cubos de granito, no novo alinhamento;
- Levantamento para reposição de pedra hexagonal de betão;
- Levantamento de lancis de bordadura e lajeado de granito;
- Muros em alvenaria de pedra e em esteios.

Face às características do tráfego a prever na nova via e um período de vida útil de 20 anos definiu-se a estrutura do pavimento a executar (Figura 4.37).

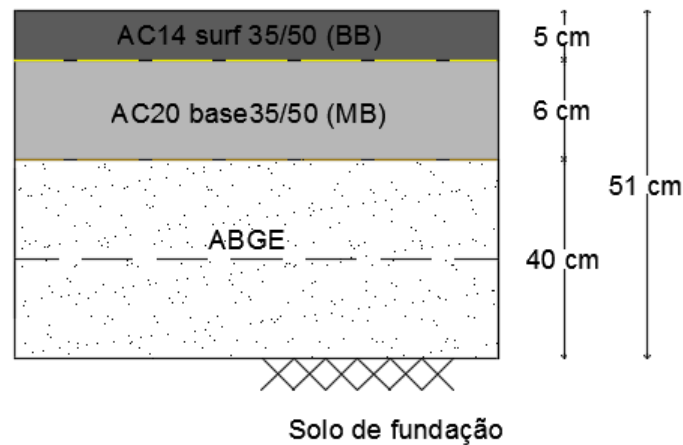


Figura 4.37 – Estrutura do pavimento do prolongamento da Rua Igreja do Paraíso

Trabalhos a executar na pavimentação das faixas de rodagem da nova via:

- Decapagem da camada vegetal do terreno;
- Movimento de terras em escavação e em aterro até às cotas de trabalho;
- Abertura, regularização e compactação da caixa de fundação;
- Fundação em agregado britado de granulometria extensa (ABGE) 0/32mm, com duas camadas de 0,20m de espessura depois de compactadas, com a espessura no eixo principal e placa central, duas camadas de 0,15m nas transversais de acesso à igreja e cemitério e a espessura complementar nas partes coincidentes com o traçado existente;
- Base em macadame betuminoso AC20 base35/50, com espessura de 0,06m;
- Aplicação de camada de desgaste em betão betuminoso, AC14 surf35/50, com espessura de 0,05m;
- Rampa de acesso à Igreja – parte a manter – substituição pontual do pavimento betuminoso por calçada de cubos na área assinalada junto à escada da igreja; alargamento pontual deste troço para regularização da baia de estacionamento;

Trabalhos a executar na pavimentação de baias de estacionamento:

- Reposição da calçada de cubos de 0,11m de aresta, reaproveitados da obra, sobre almofada de areia de 0,06m;
- Guia de granito de 0,14x0,20m, enterrada, na separação da faixa de rodagem.

Trabalhos a executar na construção de passeios em pedra hexagonal de betão:

- Assentamento de lancil de bordadura em betão de 0,20m, rebaixado nas partes assinaladas e onde a fiscalização indicar;
- Fundação em ABGE 0/32mm, em geral com uma camada de 0,15m de espessura depois de compactada
- Idem com duas camadas de 0,15m nas áreas de passagem de viaturas;
- Aplicação de pedra hexagonal de betão de 0,06m de espessura em geral;
- Placas táteis de betão de 0,40x0,40x0,06m pitonadas e nervuradas, assentes sobre massame de betão, conforme pormenor junto às passagens de peões;
- Rebaixamentos nos acessos de peões ou de viaturas.
- Idem com pedra hexagonal de betão de 0,08m de sobre almofada de areia de 0,04m de espessura, nas áreas de passagem de viaturas;
- Com rebaixamentos nos acessos de peões e casos pontuais de viaturas.

Os trabalhos não definidos neste projeto ficam da responsabilidade dos seus intervenientes. As passagens hidráulicas e as redes de abastecimento de água, de águas residuais e pluviais são da responsabilidade das Águas de Gaia, as infraestruturas eletrotécnicas a encargo da Divisão de Energia e a sinalização rodoviária fica a cargo da Divisão de Mobilidade e Transportes.

#### **4.4.4 Resultados**

Neste subcapítulo expõe-se a ilustração de diversos perfis transversais tipo projetados com alguma pormenorização, pela estagiária.

Seguidamente ilustram-se um dos perfis transversais tipo da via com estacionamento (Figura 4.38):

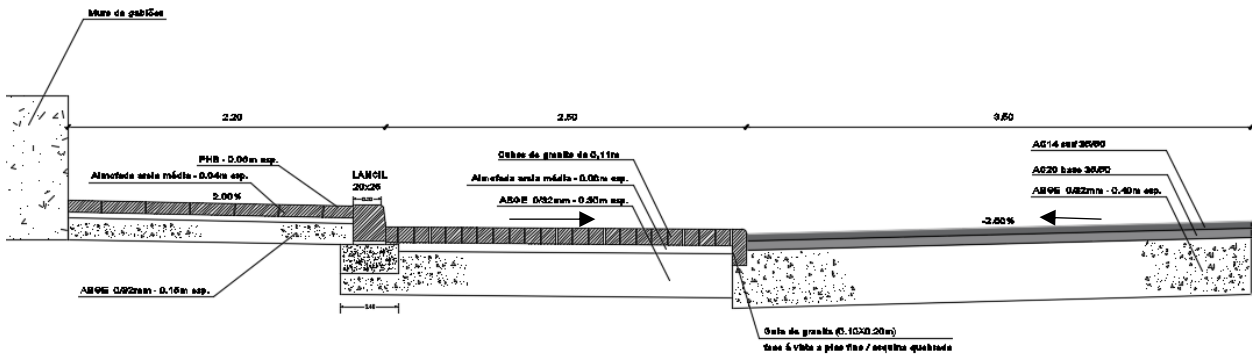


Figura 4.38 – Perfil transversal da via com estacionamento

Um outro exemplo de um perfil transversal sem estacionamento apresenta-se na Figura 4.39:

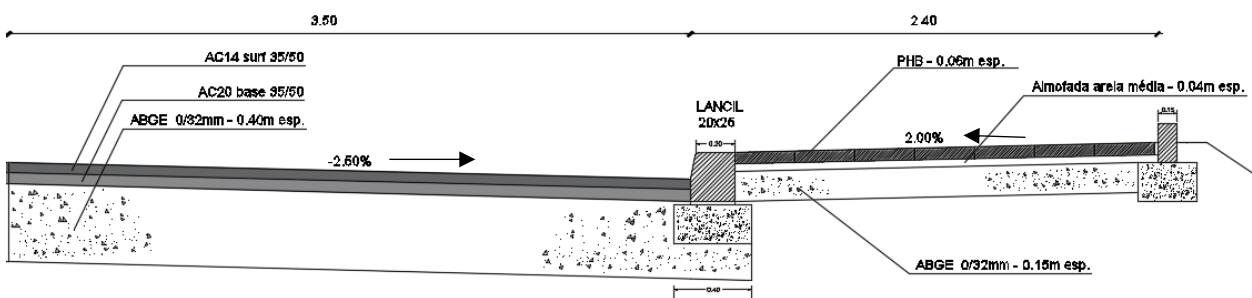


Figura 4.39 – Perfil transversal da via sem estacionamento.

Apresenta-se ainda na Figura 4.40 um pormenor de um lancil de granito rebaixado que permite o acesso de veículos pesados à fábrica, com um aumento da espessura da pedra hexagonal de betão (PHB) e na camada de ABGE de modo a suportar grandes cargas.

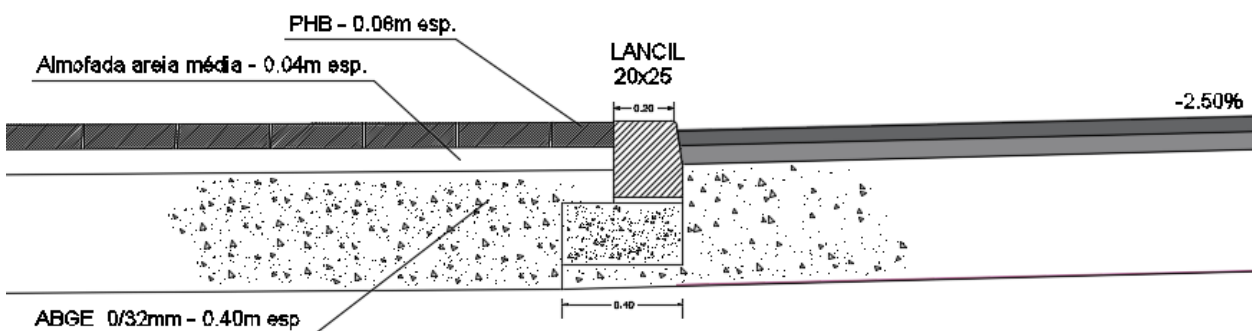


Figura 4.40 – Pormenor de um lancil de granito rebaixado

Aquando à realização dos trabalhos deste projeto previu-se serem tomados os cuidados necessários para não danificar infraestruturas existentes. Sempre que, decorrente da realização da obra, resultem danos

em infraestruturas existentes no subsolo ou fora deste, os encargos resultantes serão da inteira responsabilidade do adjudicatário.

O adjudicatário deverá aplicar as melhores técnicas e processos construtivos e cumprir a regulamentação vigente aplicável à realização dos trabalhos em geral, especialmente as normas de segurança, higiene e saúde exigidas e manter a obra devidamente sinalizada de modo a evitar acidentes, com trabalhadores e com pessoas que lhe são estranhas.

No próximo capítulo será apresentada a aplicação Civil3D, que foi uma ferramenta essencial para o desenvolvimento desde projeto em causa.



## **5 METODOLOGIAS DE ANÁLISE E ESTUDO DAS OBRAS**

### **5.1 OBJETIVOS**

Define-se um projeto como um conjunto de atividades, que envolvem a utilização de recursos diversos, executados para atingir um determinado objetivo.

No ciclo de vida de um projeto desenvolvem-se várias fases. A conceção que corresponde à fase inicial de avaliação preliminar do projeto. Identificam-se as necessidades e estima-se o risco e o impacto consequente dos requisitos de tempo, valor e desempenho. É uma fase com reduzida carência de recursos e onde se preparam estimativas de custos que servirão de base aos possíveis projetos. No desenvolvimento preparam-se os documentos do projeto, como peças escritas e desenhadas, de modo a permitir o planeamento e a orçamentação do projeto. Nesta fase é necessário ter com exatidão a definição de todos os recursos necessários, do prazo, do custo e da qualidade. A fase da execução descreve-se como o produto do trabalho realizado no desenvolvimento e tem como característica a máxima necessidade de recursos. Por fim, na conclusão encerra-se o projeto e apresentam-se as telas finais e o fecho de contas.

Um projeto rodoviário está normalmente associado a uma produção de elevado custo relativo e com um desenvolvimento limitado no tempo.

O objetivo de um projeto deve respeitar três particularidades sendo a primeira a qualidade, os prazos e os custos. As derrapagens das três vertentes referidas anteriormente estão associadas a deficientes definições dos objetivos.

### **5.2 ORÇAMENTAÇÃO**

Um orçamento trata-se de uma estimativa ou cálculo “especulativo” do valor de uma obra ou serviço prestado onde são impostos objetivos e metas que devem ser executados num período determinado.

Os orçamentos de obras rodoviárias normalmente são divididos por áreas de trabalho de forma a facilitar a sua execução.

Todos os fatores inter-relacionados com más condições de uma via causam maiores custos operativos e maior desperdício de tempos dos utilizadores da mesma.

Os custos de implantação de uma rodovia podem atingir um ponto ótimo de investimento (Figura 5.1). Esse ponto encontra-se quando os custos totais de transporte resultam numa solução economicamente viável [23].

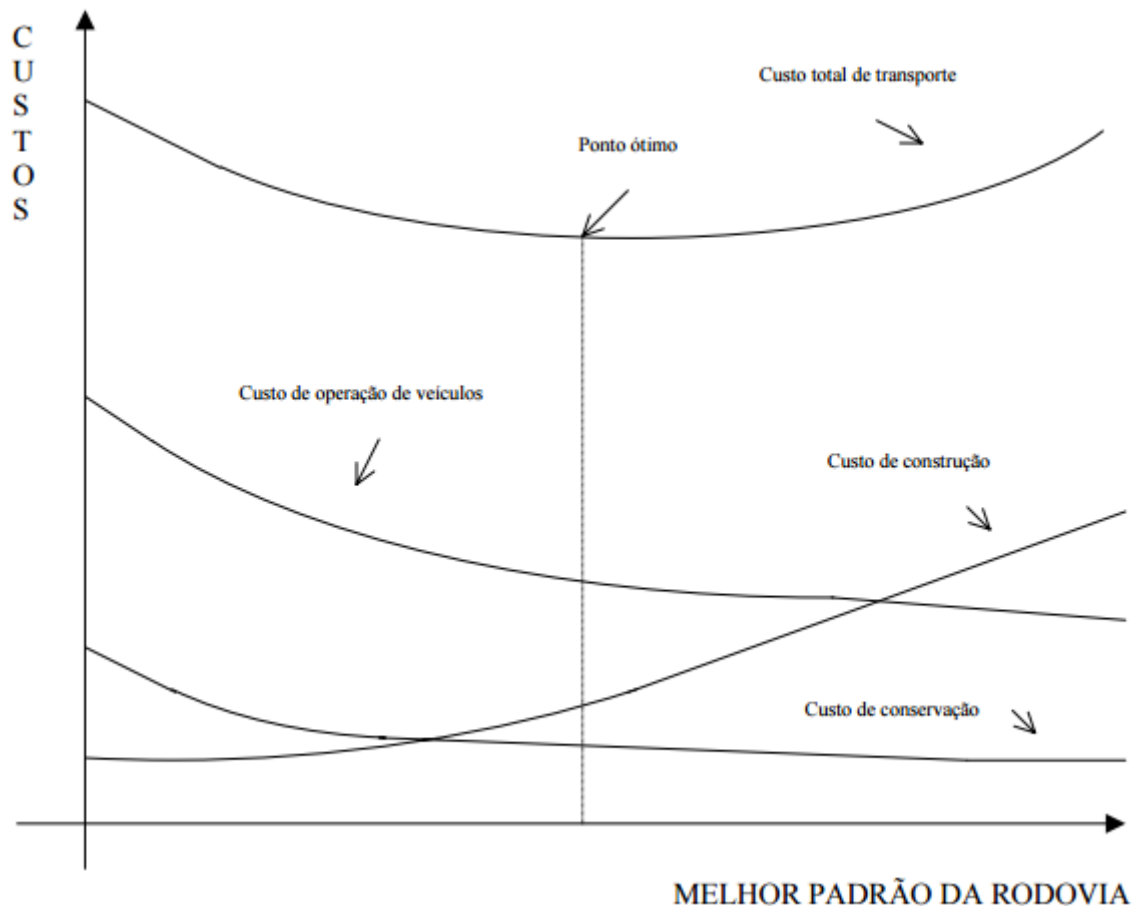


Figura 5.1 – Interação entre os componentes do custo total de transporte [23]

Para a realização de um orçamento é importante o estudo do projeto, a organização do mapa de quantidades e de trabalhos e a elaboração de uma folha de cálculo para realizar os cálculos necessários. As medições são um dos fatores mais importantes e com mais risco de erro na execução dos orçamentos. Deve estar estabelecido na folha de cálculo todas as unidades dos materiais e se o transporte está ou não incluído.

Mesmo antes do início de uma obra rodoviária começa a preocupação com o custo da mesma. O orçamento pode ser interpretado de forma diferente, seja ele visto pelo proprietário ou pelo empreiteiro. Para o proprietário, o orçamento serve para descrever todos os trabalhos a realizar, devidamente quantificados e multiplicados pelos respectivos preços. A soma desses preços define o preço total da obra.

Para o empreiteiro, para além da lista dos materiais necessários, serve para contabilizar despesas indiretas, lucros e impostos. Visto que um orçamento determina o custo fixo dos serviços a prestar, o empreiteiro poderá gerir o seu desempenho de forma a maximizar os seus lucros.

A orçamentação engloba três etapas de trabalho

- Estudo das condicionantes, em que se analisam os documentos disponíveis, realizam visitas ao local e fazem consultas ao cliente;
- Composição de custos, caracteriza-se pela composição do custo proveniente das condições técnicas, do plano de execução da obra, da quantidade dos serviços, entre outros;
- Determinação do preço, onde se somam os custos, aplicam os impostos e a margem de lucro desejada, alcançando assim o preço de venda.

### **5.3 PLANEAMENTO DE OBRAS**

Por vezes, a construção civil é um exercício que engloba uma grande quantidade de variáveis e se desenvolve num ambiente dinâmico.

O planeamento de obras contem alguns pontos condicionantes na sua elaboração, como por exemplo, a localização da obra, as condições meteorológicas, as características técnicas da rodovia, a qualidade dos materiais e a qualidade/especialização da mão de obra.

Uma omissão ou erro no planeamento pode trazer consequências desastrosas para a obra.

Hoje em dia, um planeamento trata-se de uma garantia de que todas as atividades que compõe o projeto sejam executadas dentro dos objetivos propostos.

Na implantação de um projeto são estabelecidas soluções para as atividades de planeamento e controlo, estas podem contar com ferramentas como a redes de precedências e cronogramas de barras. A quantidade de ferramentas utilizadas e as variáveis de cada projeto dependem do nível de controlo que se deseja obter na execução das atividades.

Existem várias ferramentas de planeamento como mecanismo de redução de custo e aumento de produtividade, entre eles os mais utilizados são: o Diagrama de Gantt e o PERT.

#### **5.3.1 Diagrama de Gantt**

O Diagrama de Gantt (Figura 5.2) trata-se de mostrar por meio de barras que representam uma linha do tempo, o cronograma completo dos trabalhos a executar.

Esta ferramenta permite que se tenha uma visão clara do tempo investido em cada tarefa e o prazo total para a entrega do projeto. O Diagrama não se limita apenas à linha do tempo sendo capaz de organizar o projeto e promover um planeamento de qualidade. É uma forma de gerir atividades de modo a identificar interdependências e criar noção do cumprimento de prazos.

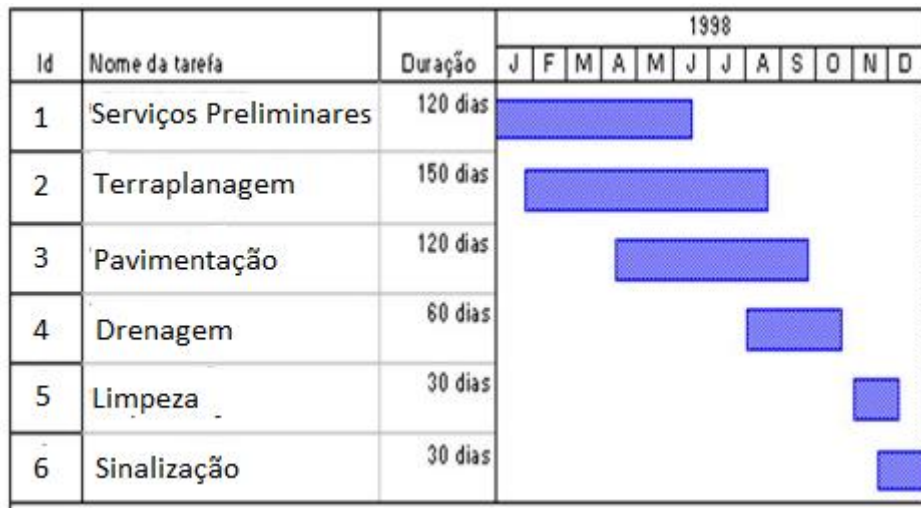


Figura 5.2 – Exemplo de um Gráfico de Gantt

Para além das vantagens já referidas é um utensílio de baixo custo. As desvantagens são a dificuldade de controlar um grande número de atividades à medida que o projeto aumenta de complexidade e o facto de o progresso do tempo não ceder informação objetiva sobre o progresso do trabalho.

### 5.3.2 PERT

O PERT, uma “Técnica de avaliação e revisão de programa” é uma ferramenta de planeamento usando a probabilidade. Com a utilização do PERT (Figura 5.3) pressupõe-se que as atividades são independentes estatisticamente e que o caminho crítico engloba um numero de atividades suficientes para que seja possível recorrer à distribuição normal para as estimativas de tempos. Baseia-se no conceito do diagrama de rede por considerar a duração das atividades uma variável e dessa forma associa-se a cada atividade uma probabilidade de acontecimento.

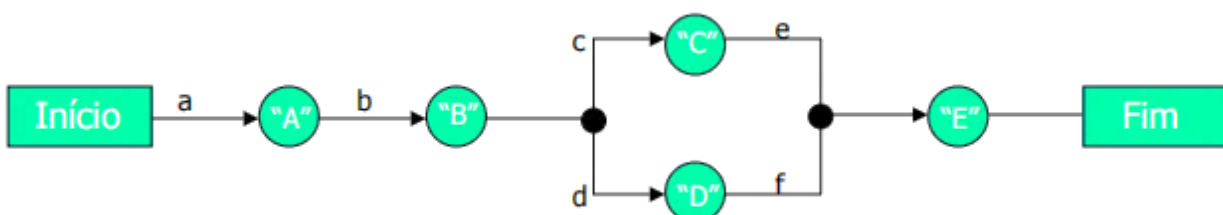


Figura 5.3 – Exemplo da ferramenta PERT

A ferramenta PERT é também considerada uma rede de precedência em que existem dois tipos de atividade, as sucessoras e as antecessoras. As atividades sucessoras dependem da conclusão total ou parcial de outra para ser iniciada ou concluída. As atividades antecessoras precisam de ser concluídas na totalidade ou parcialmente, para que uma sucessora possa ser iniciada ou concluída.

## 5.4 SUPORTE DE CAD

Todos os processos de definição geométrica dos projetos rodoviários foram realizados com a ajuda de dois programas informáticos, o “AutoCAD 2016” e o “AutoCAD Civil 3D 2016”.

O AutoCAD é dos softwares de desenhos mais utilizados essencialmente para a composição de peças de desenho técnico em duas dimensões, 2D, e também para a conceção de modelos tridimensionais. É um programa utilizado na engenharia civil, mas também noutras áreas como a arquitetura, a mecânica a eletrotécnica, entre outras.

O AutoCAD Civil 3D foi um programa novo para a estagiária tendo sido praticamente autodidata. Entre outras áreas em que pode ser útil, o Civil3D mostra-se capaz de criar um terreno em 3D através de triangulação de pontos, inserir cotas de curvas, criar volumes entre superfícies, criar e calcular taludes de escavação e aterro, criar alinhamentos horizontais, gerar automaticamente perfis longitudinais e transversais, criar secções tipo, assim como, fornecer tabelas de volumes, entre outras.

### 5.4.1 Trabalho desenvolvido com o AutoCAD Civil 3D

O levantamento topográfico necessário ao Prolongamento da Rua da Igreja de Vilar do Paraíso foi entregue à DCCEEP através de um ficheiro com pontos importados relativos ao terreno natural do local (Figura 5.4).

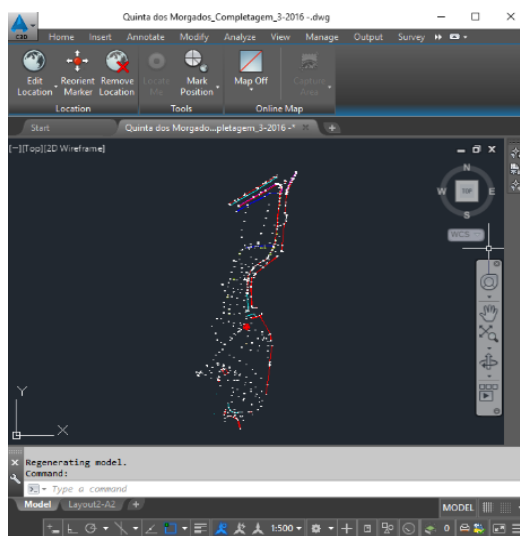


Figura 5.4 – Visualização dos pontos importados no Civil3D

De seguida, efetuou-se uma sobreposição com outro levantamento mais antigo do local. Adquirida toda a informação necessária criou-se então a superfície do terreno.

Definida a linha de fronteira externa, designada de *Boundarie*, criou-se então a superfície e geraram-se as curvas de nível (Figura 5.5).

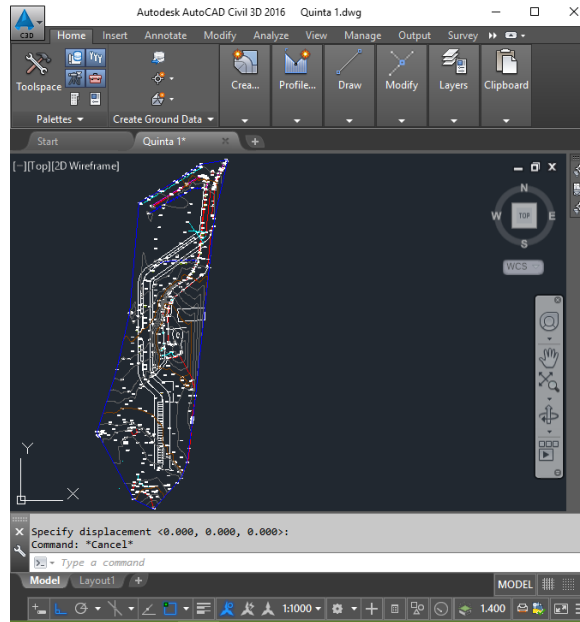


Figura 5.5 – Linha de fronteira definida

Depois de criada a superfície do terreno natural procede-se à criação do alinhamento, neste caso, o alinhamento já estava definido em papel e foi necessário transpô-lo para o programa. Então, no separador *Home*, no painel *Create Design*, selecionou-se a opção *Create Alignment from Objects* (Figura 5-4).

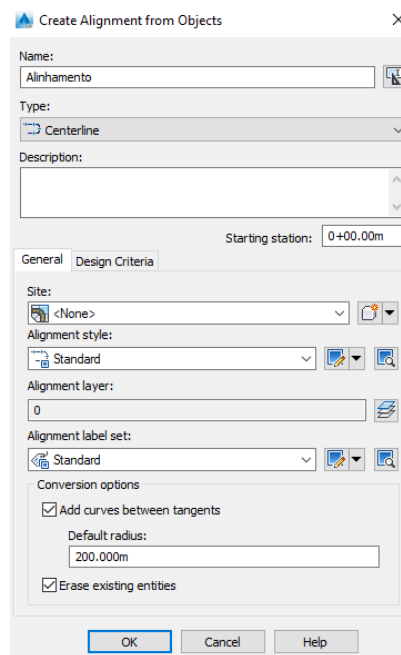


Figura 5.6 – Definição de um alinhamento a partir de um objeto

No caso de o alinhamento não estar definido como objeto é possível criá-lo no próprio programa utilizando dois botões da janela de edição de geometria (Figura 5.7). O primeiro permite fazer curvas simples (circulares, sem espiral) e o segundo permite fazer curvas compostas (circulares com espiral).

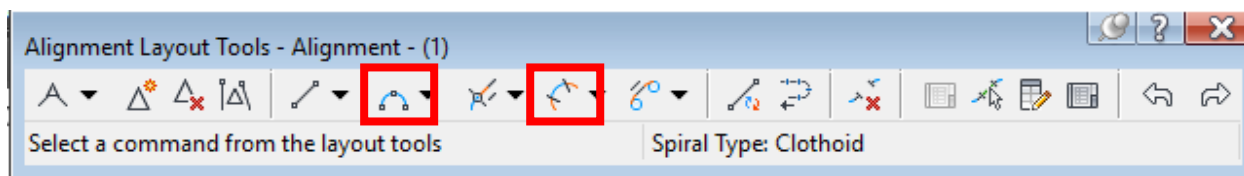


Figura 5.7 – Janela de ferramentas para criar um alinhamento

Para criar uma curva simples, selecionamos a opção *Free Curve Fillet (Between two entities, radius)* (Figura 5.8), do primeiro botão acima referido. Depois de selecionada a opção devemos marcar as duas tangentes e posteriormente indicar o ângulo da curva.

No caso da curva composta, seleciona-se a opção *Free Spiral-Curve-Spiral (Between two entities)* (Figura 5.9) do segundo botão acima referido e marcam-se as tangentes e define-se o ângulo da curva. Posteriormente são pedidos os valores das espirais de entrada e saída e inseridos os valores a curva será criada.

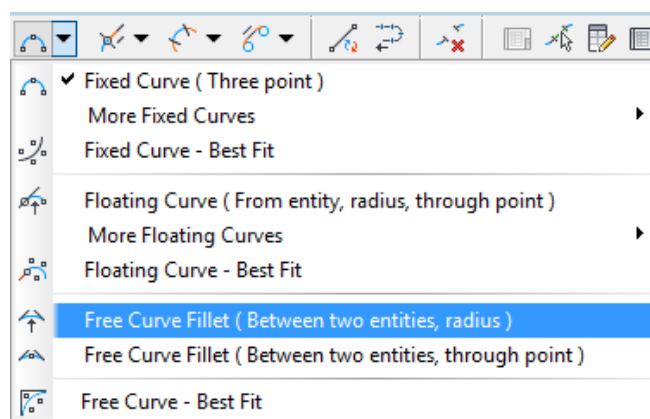


Figura 5.8 – Opção para criar uma curva simples

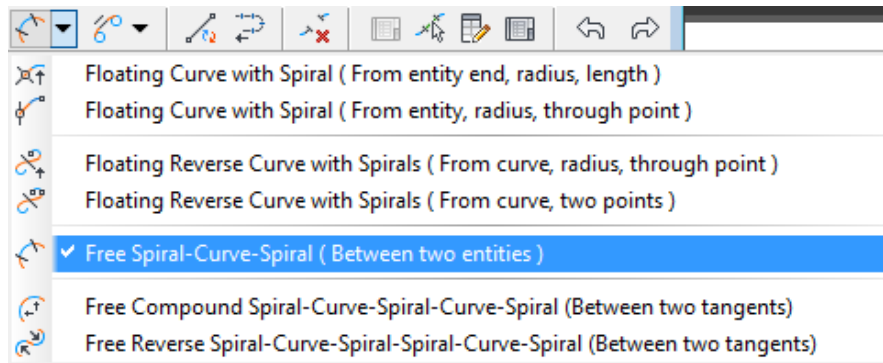


Figura 5.9 – Opção para criar uma curva composta

Definidos os alinhamentos horizontais, criam-se os limites das faixas de rodagem em relação ao afastamento ao eixo, e assim, foi possível criar perfis do terreno combinando o alinhamento horizontal do alinhamento com a informação vertical da superfície.

Após todas as configurações iniciais procedeu-se à criação do perfil longitudinal do terreno (Figura 5.10) definindo a rasante do alinhamento em estudo, sendo todos os raios para cada curva horizontal superiores a 200 metros. Na Figura 5.10 a linha verde representa o relevo da rodovia no seu terreno natural e a rasante está marcada a branco.

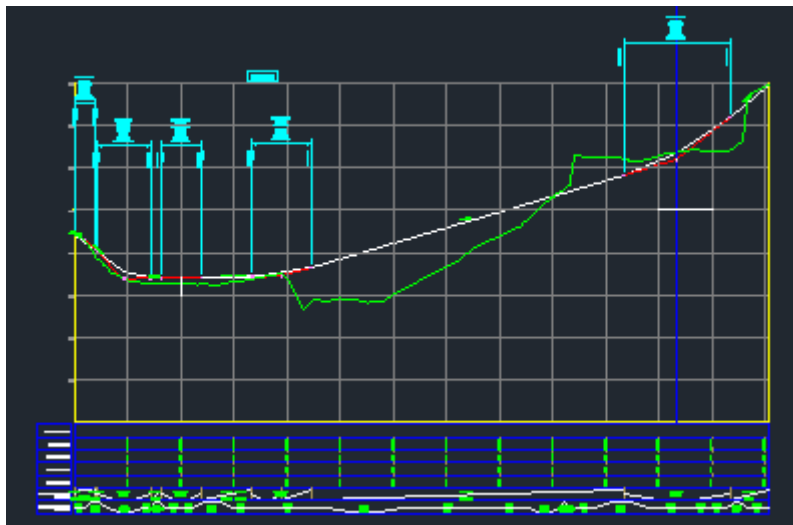


Figura 5.10 – Perfil longitudinal criado pelo Civil3D

A definição da rasante teve de respeitar várias condicionantes, entre as quais:

- Subida da cota 0,26m aos 0+050 km;
- Distância, aproximadamente, de 2m em relação à linha de água, aos 0+107 km;
- Manter a cota à porta do cemitério existente, aos 0+274 km;
- Respeitar as normas para a colocação da placa central.

Para as inclinações longitudinais do anel de circulação da placa central aceitam-se inclinações máximas no trainel de 3% em zonas interurbanas e de 5% em zonas urbanas. Tendo de respeitar todas as outras condicionantes atrás descritas a inclinação possível encontrada foi 5 e 7%.

Na criação do trainel da rodovia, são adotados alguns parâmetros para a formação das linhas que representam o trainel, estes são projetados de acordo com a classe da rodovia encontrada através do estudo de tráfego.

Criado o perfil longitudinal foi necessário elaborar os perfis transversais (Figura 5.12). Para isso é necessário a definição tipo de um perfil transversal, *Assembly*, utilizado para formar a estrutura de um modelo corredor (Figura 5.11).

Para gerar os perfis transversais é necessária a criação de *Sample Lines*, linhas situadas de perfil em perfil ao longo da planta da rodovia.

Após a criação das *Samples Lines*, inicia-se a conceção dos corredores, estes consistem na delimitação dos taludes da via e na aplicação da estrutura do pavimento em frações (*Subassembly*).

O Corredor é o responsável por permitir a criação das tabelas de volume, terraplenagens, das camadas da estrutura do pavimento e a correção de trainéis.

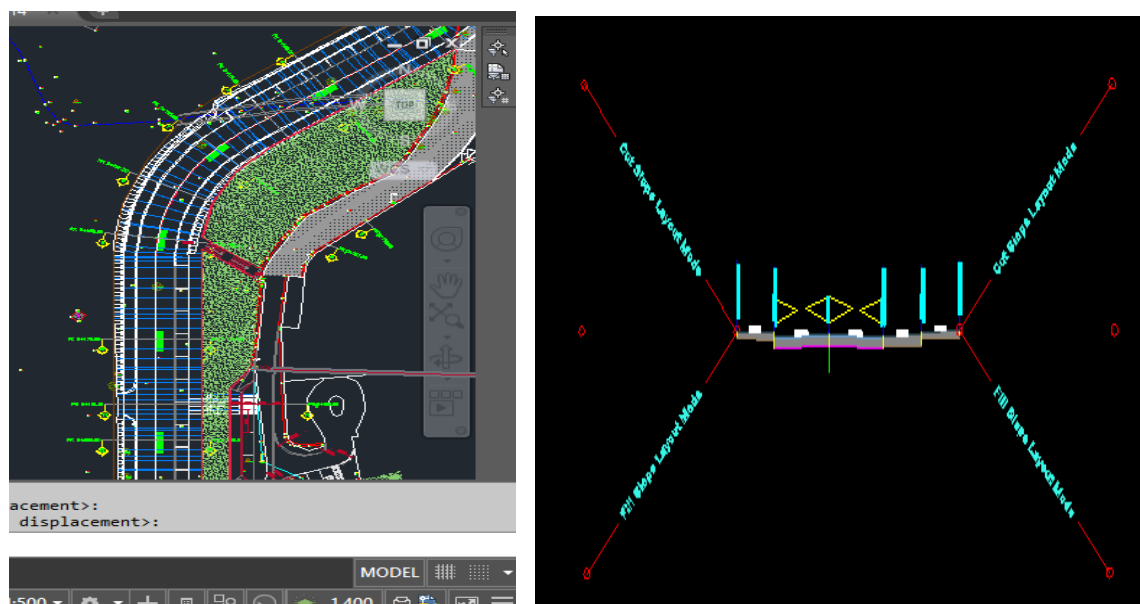


Figura 5.11 – Corredor e Pormenor Transversal Tipo (*Assembly*)

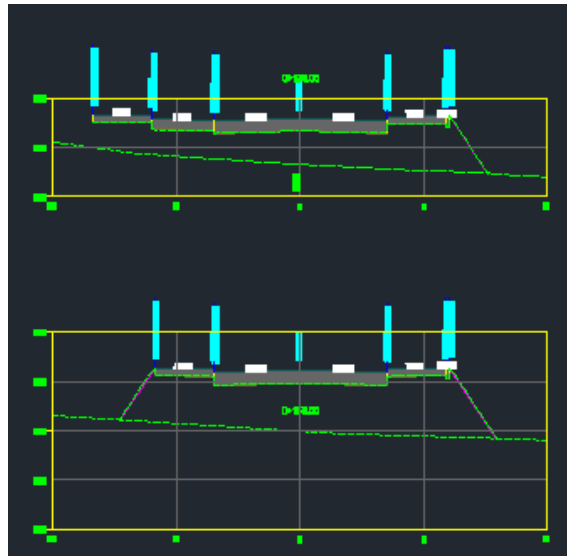


Figura 5.12 –Perfis transversais criados pelo Civil3D (0+100 e 0+150 km)

Os taludes dos perfis transversais da Figura 5.12 apresentam muita inclinação por motivos de expropriação do terreno. Na fase de execução da obra o talude será regularizado.

No Civil3D é possível ainda determinar os volumes de aterro e de escavação, através do painel *Volumes and Materials*. Pode obter-se uma tabela de volumes totais (Figura 5.13) ou várias tabelas de volumes por cada perfil criado (Figura 5.14), personalizando como pretender o utilizador.

Tabela de Movimento de Terras							
Estatqço	Área de Escavação (m2)	Área de Aterro (m2)	Voluma de Escavação (m3)	Voluma de Aterro (m3)	Voluma Total de Escavação (m3)	Voluma Total de Aterro (m3)	Voluma Fnal
0+000.00	8.38	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+012.50	4.85	4.10	70.16	28.23	70.16	28.23	43.93
0+025.00	4.20	0.01	56.46	25.68	126.73	31.68	74.83
0+037.50	4.82	0.02	55.12	0.18	181.85	52.07	129.78
0+050.00	4.63	0.03	57.18	0.34	238.03	52.41	186.62
0+062.50	4.15	0.01	54.28	0.30	293.31	52.79	240.61
0+075.00	4.83	0.00	54.30	0.09	348.21	52.79	295.42
0+087.50	5.74	0.00	64.82	0.00	413.03	52.79	360.24
0+100.00	1.42	5.41	44.73	33.62	457.77	86.61	371.16
0+112.50	0.00	13.04	0.85	187.82	488.61	239.43	227.18
0+125.00	0.00	22.69	0.00	260.75	488.61	900.18	-33.67
0+137.50	0.00	31.18	0.00	336.63	488.61	836.61	-370.20
0+150.00	0.00	32.22	0.00	396.26	488.61	1233.07	-788.48
0+162.50	0.00	34.76	0.00	418.64	488.61	1851.71	-1185.10
0+175.00	0.00	32.20	0.00	418.54	488.61	2070.24	-1803.63
0+187.50	0.00	24.53	0.01	364.58	488.63	2424.80	-1958.18
0+191.43	0.21	23.14	0.42	93.64	487.04	2518.45	-2051.41
0+200.00	0.00	23.48	0.90	188.77	487.94	2718.21	-2250.26
0+212.50	0.00	22.85	0.00	288.31	487.94	3006.52	-2538.58
0+225.00	0.00	14.06	0.00	229.46	487.94	3235.98	-278.04
0+237.50	2.58	0.00	16.12	87.90	484.06	3323.88	-2838.82
0+250.00	0.00	3.03	16.12	18.92	500.18	3342.80	-2842.62
0+262.50	0.00	10.48	0.00	84.30	500.18	3427.10	-2928.92
0+275.00	0.00	31.22	0.00	260.48	500.18	3687.58	-3187.40
0+283.41	0.00	72.10	0.00	434.28	500.18	4121.65	-3821.67

Figura 5.13 – Tabela de volumes criado pelo Civil3D



Figura 5.14 – Perfis transversais com a respetiva tabela de volumes

A opção *Hatch* do programa permite utilizar sombreados para representar áreas na vista dos perfis.

Assim, ela preenche o gráfico com cores previamente escolhidas que representarão os locais onde será necessário escavar ou aterrar. Caso o perfil proposto estiver acima do perfil da superfície é uma área de aterro, se o perfil proposto estiver abaixo da superfície representa uma área de escavação.



## **6 CONCLUSÃO**

### **6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As rodovias são infraestruturas de transporte fundamentais para o desenvolvimento socioeconómico de qualquer país, dado que permitem a circulação de pessoas e mercadorias de forma rápida e segura.

Devido à situação económica de Portugal e aos elevados custos das obras de infraestruturas rodoviárias torna-se necessário garantir uma utilização durável e segura de todos os investimentos realizados evitando qualquer derrapagem no orçamento.

Este trabalho sobre estudo e acompanhamento de requalificações permitiu desenvolver competências ao nível do dimensionamento, melhoramento e conceção de pavimentos em consolidação dos conhecimentos adquiridos nas aulas de Pavimentos Rodoviários e Aeroportuários, no ISEP.

Permitiu ainda um maior conhecimento do caderno de encargos e mapas de quantidades segundo o documento das Estradas de Portugal, atualmente designada por Infraestruturas de Portugal (CETO).

Também importa referir que o estágio na CMVNG, mais propriamente na DCCEEP, e o presente relatório conduziram a conclusões bastante úteis e foram uma mais valia para os conhecimentos da estagiária, oferecendo mais consciência no trabalho a efetuar em futuros e diferentes casos de requalificações.

No decorrer do estágio a principal dificuldade foi a utilização do software AutoCAD Civil 3D pela inexperiência da estagiária com o programa. Através da pesquisa individual, da vontade de aprender e com a ajuda do Eng. Pedro Amorim foi notória a evolução na aprendizagem o que permitiu a criação de várias soluções de uma forma cada vez mais rápida. O AutoCAD Civil 3D é bastante específico nas suas ações e torna-se numa ferramenta essencial na engenharia civil por automatizar diversos comandos.

Para a estagiária foi uma experiência única não só em termos profissionais como pessoais, foi possível aumentar os conhecimentos tanto a nível teórico como em termos de realidade de obra. Possibilitou desenvolver a capacidade de trabalho em equipa, gestão de tempo e conflitos e a interação com alguma entidade envolvida nos projetos, como por exemplo, as Águas de Gaia.

Por fim o estagiário teve ainda a oportunidade de colaborar em diferentes obras, desde as pequenas requalificações ao prolongamento da Rua da Igreja do Paraíso. Com esse projeto foi possível requalificar a parte da via existente e a construção de uma nova permitindo assim por em práticas todos os

conhecimentos. Entre todos os projetos realizados este foi o mais desafiante, não só pelas condicionantes burocráticas como pelas condicionantes técnicas.

Importa referir que o presente relatório é apenas um complemento justificativo e de apoio à interpretação de peças desenhadas e meses de trabalho desenvolvido. O resultado final de muito trabalho está presente nos anexos.

Concluindo, os objetivos propostos no início do documento foram atingidos com sucesso.

## **6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

Com a realização deste estudo procurou-se identificar, definir, dimensionar, criar e quantificar a importância de diversos fatores que devem ser considerados numa requalificação de infraestruturas rodoviárias urbanas, de âmbito municipal.

Deste modo, para trabalhos futuros propõe-se:

- Permitir à DCCEEP o dimensionamento de todos os pavimentos necessários com ferramentas para o efeito;
- Uma maior integração entre as Divisões da CMVNG para um melhor funcionamento, facilidade na identificação e resolução de problemas;
- A realização de mais ensaios e a garantia de fiscalização no local da obra de modo a garantir a boa qualidade das execuções de projeto;
- Um estudo de impacto ambiental de forma a ser estudado o impacto das pavimentações e a probabilidade de contaminação do solo;
- O desenvolvimento de uma ferramenta informática que permita efetuar o Mapa de Quantidades e Orçamentação mais precisos e automáticos;
- Melhorar ainda mais o Caderno de Encargos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Maré, F.L (2011). “História das Infra-Estruturas Rodoviárias”, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia do Porto, Porto.
- [2] Infraestruturas de Portugal. Disponível em <  
<http://www.infraestruturasdeportugal.pt/rede/rodoviaria/prn>>. Acesso em Agosto 2016.
- [3] Almeida, J.C.G.R. (1986). “Análise Estrutural de Pavimentos Rígidos pelo Método dos Elementos Finitos”, Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, IST, Lisboa.
- [4] LNEC (2005), “Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários”, Curso organizado por FUNDEC/LNEC.
- [5] Oliveira, P.L. (2000). “Projeto Estrutural de Pavimentos Rodoviários e de Pisos Industriais de Concreto”, Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- [6] Neves, J. M. C. (2008). “Acetatos de apoio à disciplina de Construção e Manutenção de Infra-estruturas de Transportes”, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- [7] Reis, N. F. S. R. (2009) “Análise Estrutural de Pavimentos Rodoviários”, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- [8] Minhoto, M. J. C. (2005). “Consideração da Temperatura no Comportamento à Reflexão de Fendas dos Reforços de Pavimentos Rodoviários Flexíveis”, Dissertação para a Obtenção do Grau de Doutor em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga.
- [9] ARGOS. “Tipos de deterioro sen pavimentos de concreto”. Disponível em <  
<http://es.slideshare.net/HeribertoTolanoReyna/tipos-de-deterioro-en-pavimentos-de-concreto>  
>. Acesso em Agosto 2016
- [10] EP – Estradas de Portugal, S.A. (2009). “Manual de Inspeções de Rotina”. Almada, Portugal.
- [11] Engesur. (2004) “Manual de Pavimentos Rígidos”. Rio de Janeiro. Brasil
- [12] Lima, S. (2011). “Conservação e Reabilitação de Pavimentos Rodoviários – Avaliação das características superficiais”, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro.

- [13] Almeida, L. C. (2013). “Técnicas de Conservação e de Reabilitação para Pequenas Reparações de Pavimentos Rodoviários”, Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã.
- [14] Mendes, S. (2011), “Caracterização mecânica de misturas betuminosas a aplicar em infraestruturas de transportes.”, Dissertação para a Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.
- [15] EP (2008), Estradas de Portugal, SA. - Caderno de Encargos Tipo Obra. Pavimentação. Características dos Materiais. Almada.
- [16] EP (2009), Estradas de Portugal, SA. - Caderno de Encargos Tipo Obra. Pavimentação. Métodos Construtivos. Almada.
- [17] JAE (1994)- Norma de Traçado, JAE P3/94; Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE Lisboa, Portugal.
- [18] SETRA (2006), Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique dès routes. Collection “Les rapports”. France.
- [19] Fonseca, J. M., (2013), “Análise comparativa de soluções adotadas para a reabilitação de pavimentos flexíveis que integram a rede rodoviária nacional.”, Dissertação de mestrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- [20] Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia. Obras Municipais. Disponível em < <http://www.cm-gaia.pt/portais/cm-gaia/Categoria.aspx?categoryOID=E881808080D980G> >. Acesso em agosto 2016.
- [21] Decreto de Lei N.º 206 de 24 de outubro de 2014. Diário de República – II Série. Estrutura Nuclear dos Serviços do Município de Vila Nova de Gaia. Câmara Municipal de Vila Nova de Gaia.
- [22] Dias, L. M. A. (2009). “Organização e Gestão de Obras”. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura Secção de Construção Instituto Superior Técnico.
- [23] Dias, P. R. V. (2002). Engenharia de Custos – “Uma Metodologia de Orçamentação para Obras Civas”. Tese de Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal Fluminense; Rio de Janeiro
- [24] Pedrozo, L.G (2001), “Custos da Infraestrutura Rodoviária”, Dissertação de mestrado em Engenharia, Departamento de Engenharia, Escola de Engenharia, Porto Alegre.
- [25] Jacob, Ângelo – Apontamentos da Disciplina de Pavimentos Rodoviários e Aeroportuários, Mestrado de Infraestruturas. ISEP

## **ANEXOS**

Anexo A – Organograma Completo da CMVNG

Anexo B – Tabelas para dimensionamento de pavimentos rígidos

Anexo C – Plantas do projeto – Rua Heróis do Ultramar

- Planta de Trabalho
- Planta de Pavimentação
- Pormenores Construtivos

Anexo D – Estruturas Tipo de Pavimentos

Anexo E – Plantas do projeto - Prolongamento da Rua Igreja do Paraíso

- Planta de Enquadramento
- Planta de Localização
- Planta de Trabalho
- Planta de Pavimentação
- Perfil Longitudinal
- Perfis Transversais Pormenorizados
- Planta da Vedação da Propriedade