



**“IP8 (A26) – LIGAÇÃO ENTRE SINES E A A2  
- LANÇO IP8 ENTRE RONÇÃO E GRÂNDOLA-  
AUMENTO DA CAPACIDADE”  
TRECHO 2 – ENTRE O PK 26+850 E O PK 48+304  
PROJETO DE EXECUÇÃO  
P03 – PAVIMENTAÇÃO  
REVISÃO 01  
MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**



**“IP8 (A26) – LIGAÇÃO ENTRE SINES E A A2  
- LANÇO IP8 ENTRE RONÇÃO E GRÂNDOLA-  
AUMENTO DA CAPACIDADE”  
TRECHO 2 – ENTRE O PK 26+850 E O PK 48+304  
PROJETO DE EXECUÇÃO  
P03 – PAVIMENTAÇÃO  
REVISÃO 01**

**MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA**

<b>RVGR-PE-T2-P3-MD-R01</b>					
<b>Versão</b>	<b>Data</b>	<b>Elaborou</b>	<b>Verificou</b>	<b>Aprovou</b>	<b>Descrição de Alterações</b>
00	2023.12.20	CC	PR	PR	Primeira Entrega
01	2024.04.26	JF/CC	CC	PR	Reformulação do Nó 6. Revisão de acordo com parecer da IP de 2024.02.16



**“IP8 (A26) – LIGAÇÃO ENTRE SINES E A A2**  
**- LANÇO IP8 ENTRE RONÇÃO E GRÂNDOLA -**  
**AUMENTO DA CAPACIDADE”**

**TRECHO 2 – ENTRE O PK 26+850 E O PK 48+304**

**PROJETO DE EXECUÇÃO**

**P03 – PAVIMENTAÇÃO**

**REVISÃO 01**

**ÍNDICE GERAL DO PROJETO**

**PE0 - PROJECTO GERAL**

**P01 - TERRAPLENAGENS**

P1.1 - Traçado

P1.1.1 –Traçado Geral

P1.1.2 – Nós de Ligação e Intersecções

P1.1.2.N4 – Nó do Roncão

P1.1.2.N5 – Nó de Melides

P1.1.2.N6 – Nó com a EN261-1

P1.1.2.N7 – Nó com o IC1

P1.1.3 - Restabelecimentos, serventias e caminhos paralelos (tipo I)

P1.2 - Geologia e Geotecnia

PE1.3 - Terraplenagens Gerais

**PE2 - DRENAGEM**

**PE3 - PAVIMENTAÇÃO**

**PE4 - OBRAS ACESSÓRIAS**

PE4.1 – Vedações e Caminhos Paralelos

PE4.2 - Obras de Contenção

PE4.3 - Serviços Afetados

PE4.4 - Canal Técnico Rodoviário

PE4.5 – Iluminação

PE4.8 – Outros projetos complementares (barreiras acústicas)

**PE5 - SINALIZAÇÃO E SEGURANÇA**

P5.1 - Sinalização

P5.2 - Segurança

**PE6 - OBRAS DE ARTE INTEGRADAS - TIPO PASSAGENS SUPERIORES E OBRAS DE ARTE DOS NÓS**

P6.4 - PS 29-01

P6.5 - PI 38-01

P6.6 - PS 43-01

**PE7 - OBRAS DE ARTE INTEGRADAS - TIPO PASSAGENS INFERIORES, AGRÍCOLAS E HIDRÁULICAS ESPECIAIS**

P7.15 - PA30-01  
P7.16 - PA31-01  
P7.17 - PA33-01  
P7.18 - PA33-02  
P7.19 - PA34-01  
P7.20 - PA35-01  
P7.21 - PA36-01  
P7.22 - PA37-01  
P7.23 - PA38-02  
P7.24 - PA39-01  
P7.25 - PA40-01  
P7.26 - PA42-01  
P7.27 - PA42-02  
P7.28 - PA44-02  
P7.29 - PA48-01

**PE10 - DIVERSOS**

PE10.1 - Desvios Provisórios de Tráfego

**PE11 - EXPROPRIAÇÕES**

**PE12 - PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE E COMPILAÇÃO TÉCNICA**

PE12.1 - Plano de Segurança e Saúde  
PE12.2 - Compilação Técnica

**P13 - RENTABILIDADE ECONÓMICA**

**PE14 - TRABALHOS AUXILIARES**

PE14.1 - Cartografia  
PE14.2 - Topografia  
PE14.3 - Prospecção Geotécnica Especial

**PE16 - ESTUDOS AMBIENTAIS**

PE16.3 - Estudo de Impacte Ambiental (EIA)

**PE17 - SISTEMA TELEMÁTICA RODOVIARIA (STR)**

**P21 - PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

**“IP8 (A26) – LIGAÇÃO ENTRE SINES E A A2  
- LANÇO IP8 ENTRE RONÇÃO E GRÂNDOLA-  
AUMENTO DA CAPACIDADE”**

**TRECHO 2 – ENTRE O PK 26+850 E O PK 48+304**

**PROJETO DE EXECUÇÃO**

**P03 – PAVIMENTAÇÃO**

**REVISÃO 00**

**P03 – PAVIMENTAÇÃO**

## **ÍNDICE**

### **PEÇAS ESCRITAS**

RVGR-PE-T2-P3-MD-R01

RVGR- PE-T2-P3-AX-01-R01

RVGR- PE-T2-P3-AX-02-03-R01

RVGR- PE-T2-P3-CTE-R01

MEMÓRIA DESCRITIVA

ANÁLISE PAVIMENTO

RESULTADOS ENSAIOS DE PROSPEÇÃO

CONDIÇÕES TÉCNICAS ESPECIAIS

### **PEÇAS DESENHADAS**

RVGR- PE-T2-P3-00-01 e 02-R01

RVGR-PE-T2-P3-10-01 a 17-R01

RVGR-PE-T2-P3-10-18-R01

RVGR-PE-T2-P3-10-19 e 20-R01

RVGR-PE-T2-P3-10-21-R01

RVGR-PE-T2-P3-10-22-R01

ESBOÇO COROGRÁFICO

PAVIMENTAÇÃO-PLANTA GERAL

REMOÇÃO DE PAVIMENTOS – NÓ DO RONÇÃO-PLANTA GERAL

REMOÇÃO DE PAVIMENTOS – SECÇÃO CORRENTE (32+375-34+075)-PLANTA GERAL

REMOÇÃO DE PAVIMENTOS – NÓ DE MELIDES-PLANTA GERAL

REMOÇÃO DE PAVIMENTOS – SECÇÃO CORRENTE (41+950-

RVGR-PE-T2-P3-10-23-R01

RVGR-PE-T2-P3-14-01 e 02-R01

RVGR-PE-T2-P3-14-03 a 06-R01

RVGR-PE-T2-P3-14-07-R01

42+850)-PLANTA GERAL

REMOÇÃO DE PAVIMENTOS – NÓ COM A EN261-1-PLANTA GERAL

PERFIS TRANSVERSAIS TIPO - SECÇÃO CORRENTE

PERFIS TRANSVERSAIS TIPO - NÓS DE LIGAÇÃO, RESTABELECIMENTOS E CAMINHOS PARALELOS

PORMENORES



## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>ÂMBITO E OBJETIVO DO PROJETO</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>ENQUADRAMENTO</b> .....	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO</b> .....	<b>13</b>
5.1	PARÂMETROS TIDOS EM CONSIDERAÇÃO .....	13
5.2	METODOLOGIA ADOTADA PARA O DIMENSIONAMENTO DOS PAVIMENTOS .....	13
5.3	TRÁFEGO.....	14
5.4	PAVIMENTO NOVO.....	15
5.4.1	CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS A UTILIZAR .....	15
5.4.2	VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL.....	21
5.5	PAVIMENTO DE REFORÇO.....	23
5.5.1	INTRODUÇÃO .....	23
5.5.2	PROSPEÇÃO EFETUADA .....	26
5.5.3	BENEFICIAÇÃO/REFORÇO DO PAVIMENTO EXISTENTE .....	33
5.5.4	VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL.....	42
5.6	PAVIMENTAÇÃO.....	44
5.6.1	AÇÕES COMPLEMENTARES.....	46
5.6.2	SELAGEM DE JUNTAS OU FISSURAS .....	46
5.6.3	TRABALHOS PREPARATÓRIOS .....	47
<b>6</b>	<b>PAVIMENTOS PROPOSTOS</b> .....	<b>47</b>
6.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	47
6.2	PAVIMENTO DE REFORÇO.....	47
6.2.1	SECÇÃO CORRENTE – SENTIDO GRÂNDOLA / RONCÃO (EXCLUINDO AS OBRAS DE ARTE) .....	47
	ENTRE O PK 27+290 E O PK 48+304.....	47
6.2.2	SECÇÃO CORRENTE – OBRAS DE ARTE (REFORÇO).....	48
6.3	PAVIMENTO NOVO.....	48
6.3.1	SECÇÃO CORRENTE (EXCLUINDO OBRA DE ARTE).....	48

6.3.2	SECÇÃO CORRENTE (OBRA DE ARTE).....	49
6.3.3	SECÇÃO CORRENTE – PAVIMENTAÇÃO DAS BERMAS.....	49
6.3.4	NÓS – RONCÃO, MELIDES E EN261-1 (EXCLUINDO OBRAS DE ARTE).....	49
6.3.5	NÓS - RONCÃO, MELIDES E EN261-1 (OBRAS DE ARTE).....	50
6.3.6	RESTABELECIMENTOS E SERVENTIAS RURAIS.....	50
6.3.7	CAMINHOS PARALELOS .....	51
6.3.8	REGAS BETUMINOSAS .....	51
<b>7</b>	<b>REMOÇÃO DE PAVIMENTO.....</b>	<b>51</b>
<b>8</b>	<b>CADERNO DE ENCARGOS.....</b>	<b>52</b>

## ÍNDICE FIGURAS

FIGURA 1 – ENQUADRAMENTO REGIONAL E ADMINISTRATIVO DO TROÇO EM ESTUDO.....	10
FIGURA 2 – LANÇO EM ESTUDO SOBRE CARTA MILITAR.....	11

## ÍNDICE QUADROS

QUADRO 1 – TRÁFEGO MÉDIO DE VEÍCULOS PESADOS E NÚMERO ACUMULADO DE EIXOS PADRÃO .....	14
QUADRO 2 – TEMPERATURAS PONDERADAS .....	17
QUADRO 3 – TEMPERATURAS DE CÁLCULO ÀS DIFERENTES PROFUNDIDADES (PLENA VIA).....	17
QUADRO 4 – TEMPERATURAS DE CÁLCULO ÀS DIFERENTES PROFUNDIDADES (NÓS).....	18
QUADRO 5 – CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS .....	20
QUADRO 6 – VALORES ADMISSÍVEIS.....	22
QUADRO 7 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS HOMOGÉNEAS.....	23
QUADRO 8 – DEFLEXÕES MÉDIAS, DESVIO PADRÃO E PERCENTIL 85% SENTIDO RELVAS VERDES – RONCÃO.....	24
QUADRO 9 – DEFLEXÕES MÉDIAS, DESVIO PADRÃO E PERCENTIL 85% SENTIDO RONCÃO – RELVAS VERDES.....	25
QUADRO 10 - ESPESURAS MEDIDAS NAS CAROTES EM AMBOS OS SENTIDOS DA PLENA VIA.....	27
QUADRO 11 – CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO DEDUZIDA DOS POÇOS.....	28
QUADRO 12 – CARACTERÍSTICAS DE COMPACTAÇÃO E CBR .....	29
QUADRO 13 – CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS DE FUNDAÇÃO.....	31
QUADRO 14 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS GRANULARES .....	32
QUADRO 15 – CONSTITUIÇÃO E TEMPERATURAS À SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (FWD) - PONTUAL.....	34
QUADRO 16 – CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO E TEMPERATURAS À SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (FWD) - TOTAL.....	35
QUADRO 17 – RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO DOS DEFLETOGRAMAS - PONTUAL.....	35
QUADRO 18 – RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO DOS DEFLETOGRAMAS - TOTAL .....	37

QUADRO 19 – RESULTADOS DAS DEFLEXÕES MEDIDAS E CALCULADAS - PONTUAL .....	38
QUADRO 21 – MÓDULOS DE RIGIDEZ DAS MISTURAS BETUMINOSAS DO PAVIMENTO .....	39
EXISTENTE À TEMPERATURA DE SERVIÇO - PONTUAL .....	40
QUADRO 22 – MÓDULOS DE RIGIDEZ DAS MISTURAS BETUMINOSAS DO PAVIMENTO .....	41
EXISTENTE À TEMPERATURA DE SERVIÇO - TOTAL.....	41
QUADRO 23 – CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS .....	42
QUADRO 24 – VALORES ADMISSÍVEIS.....	43

## **ANEXOS**

ANEXO 1 – ANÁLISE PAVIMENTO

ANEXO 2 – PLANO PROSPEÇÃO – SONDAgens E CAROTES

ANEXO 3 – PLANO PROSPEÇÃO - POÇOS



## 1 INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a memória descritiva e justificativa do projeto de execução relativa à Pavimentação do Aumento da Capacidade do **IP8 (A26) Ligação entre Sines e a A2, Lanço IP8 entre Roncão e Grândola**, Trecho 2 – entre o pk 26+850 e o pk 48+304, desenvolvido de acordo com o definido no Programa de Concurso e respetivo Caderno de Encargos e dando cumprimento aos objetivos pretendidos, pela Infraestruturas de Portugal, S.A.

Assim, este estudo tem por objetivo a descrição e justificação do dimensionamento de estruturas dos pavimentos novos e de reforço a construir no âmbito do lanço.

Para a elaboração do dimensionamento dos pavimentos foram utilizados os elementos de tráfego fornecidos para a secção corrente. No caso dos Nós do Roncão, de Ademas e com a EN261-1, teve-se em consideração os volumes de tráfego fornecidos pelo Dono de Obra durante a elaboração do presente projeto de execução referente ao primeiro trecho.

## 2 ÂMBITO E OBJETIVO DO PROJETO

O estudo rodoviário "IP8 (A26) Ligação entre Sines e a A2, Aumento de Capacidade", tem por objetivo melhorar as condições de circulação e segurança no IP8 entre o Nó de Relvas Verdes e o Nó com o IC1 em Grândola (Norte), através da duplicação do existente para um perfil de 2x2, melhorando assim as acessibilidades ao Porto de Sines.

Para o desenvolvimento, do estudo rodoviário "**IP8 (A26) Ligação entre Sines e a A2, aumento da Capacidade**", em fase de projeto base e projeto de execução, foi-nos solicitado a divisão do projeto em dois lanços:

- Lanço IP8 entre Relvas Verdes e Roncão – Trecho 1 entre o pk 13+820 e o pk 28+002
- Lanço IP8 entre Roncão e Grândola – Trecho 2 entre o pk 28+002 e o pk 48+435

O estudo preconiza a duplicação do IP8 dotando esta via com um perfil de 2x2, restabelecimentos desnivelados e interligação com a rede existente através de nós igualmente desnivelados, no que concerne ao lanço entre o Nó do Roncão e o Nó com o IC1, trecho agora em estudo.

O projeto de duplicação, para o perfil transversal de 2x2 vias, terá como velocidade de projeto 100km/h.

Os trabalhos a considerar em resultado dos estudos a empreender deverão ser compatíveis com as condicionantes e infraestruturas existentes, nomeadamente a orografia, as linhas de água, a travessia de povoações e/ou lugares, a geometria do traçado, o sistema de drenagem, o estado de conservação, a capacidade de suporte residual do pavimento e as características geométricas e estruturais das obras de arte.

## 3 ENQUADRAMENTO

Em termos de enquadramento, o desenvolvimento do projeto insere-se nas intervenções definidas no âmbito do Plano Nacional de Investimentos 2030 (PNI2030), plano esse, anunciado a 22 de outubro de 2020 pelo governo português, que estabelece um quadro de orientações para o setor dos transportes e um conjunto de

intervenções prioritárias, assente em critérios de sustentabilidade, com vista à criação de valor para as empresas e para a economia portuguesa.

Do ponto de vista da divisão territorial, os concelhos de Grândola e Santiago do Cacém, interessados pelo estudo, pertencem à NUT III – Alentejo Litoral, integrante da NUT II – Alentejo.

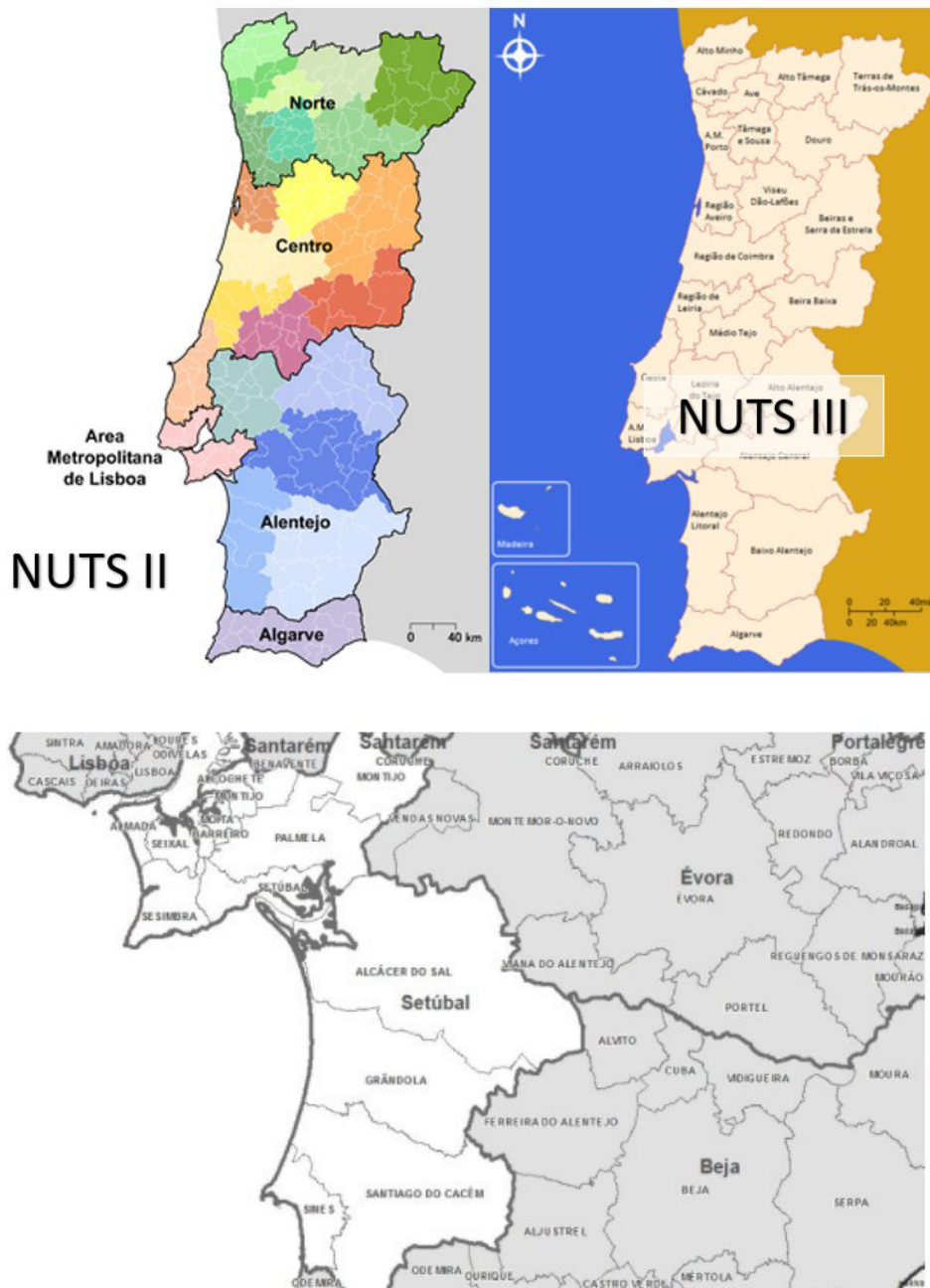


FIGURA 1 – ENQUADRAMENTO REGIONAL E ADMINISTRATIVO DO TROÇO EM ESTUDO

Na figura seguinte apresenta-se a localização do lanço em estudo, sobre a carta militar.

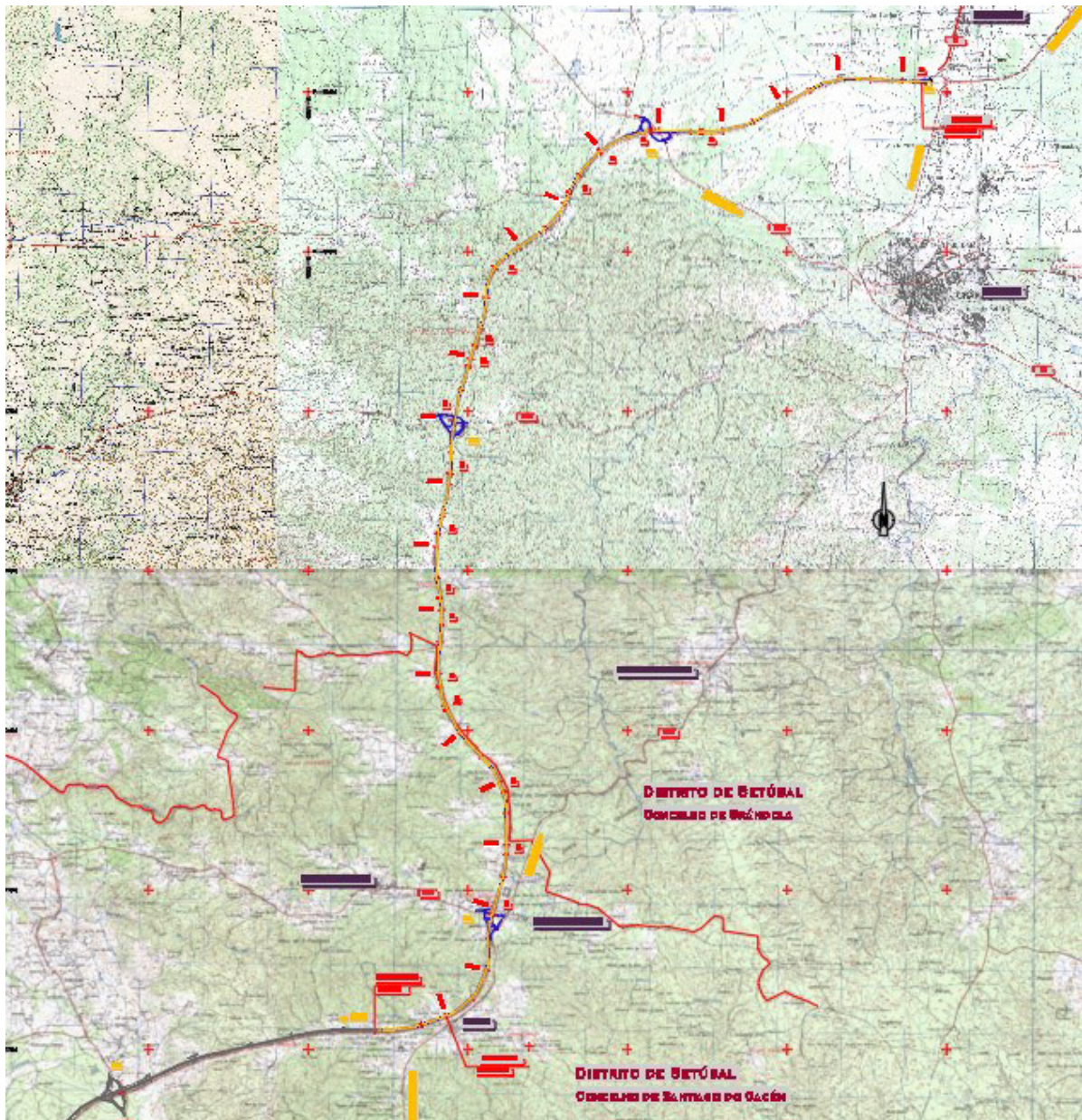


FIGURA 2 – LANÇO EM ESTUDO SOBRE CARTA MILITAR

#### 4 METODOLOGIA

Com base no Relatório de Caracterização da Situação Existente e Propostas de Intervenção entregue em fevereiro de 2022, que mereceu a aprovação por parte da Infraestruturas de Portugal e na apresentação de duas soluções em junho de 2022, em que a solução 1 previa o alargamento do IP8 para ambos os lados e a solução 2 a duplicação do IP8 só para um dos lados, que neste caso foi escolhido o lado direito não só pela questão da ocupação marginal, mas também por forma a dar continuidade ao definido no trecho anterior. Após aprovação por parte da Infraestruturas de Portugal da solução 2, desenvolveu-se o projeto base para o trecho 2 que mereceu a sua aprovação em março de 2023. Estando agora em desenvolvimento o projeto de execução que contempla todos os elementos necessários para a presente fase para a sua boa execução.

Os trabalhos iniciaram-se pela análise dos elementos dos estudos anteriores, que foram desenvolvidos em propostas de intervenção, nos trabalhos topográficos de campo efetuados para o efeito e com todos os pressupostos que acima já foram mencionados, desenvolveu-se a solução objeto do presente projeto execução, onde se procurou o melhor compromisso nas vertentes funcional, socio-económica e ambiental, por forma a assegurar um nível técnico adequado aos níveis de exigência que importa observar num empreendimento desta natureza.

Para o desenvolvimento, em fase de projeto base e projeto de execução, foi-nos solicitado a divisão do projeto em dois lanços:

- Lanço IP8 entre Relvas Verdes e Roncão – Trecho 1 entre o pk 13+820 e o pk 28+002
- Lanço IP8 entre Roncão e Grândola – Trecho 2 entre o pk 26+850 e o pk 48+304

Sendo neste documento desenvolvido todos os elementos necessários para a boa execução do segundo trecho.

As principais alterações efetuadas relativamente ao projeto base, e por forma a dar resposta às recomendações dadas no relatório de auditoria de segurança, foram as seguir mencionadas:

- No Nó do Roncão alterou-se a geometria em planta, para melhoria da inserção dos ramos de e para o IP8, bem como dos respetivos elementos de traçado que compõem este nó. Em altimetria foram ajustadas todas as rasantes.
- Nó de Melides em planimetria reviu-se o ramo C, Restabelecimento 38-1B e Ligação 1, em altimetria reviram-se as rasantes na totalidade.
- Nó com EN261-1 revisão dos perfis longitudinais dos elementos que compõem este nó
- Na secção corrente foram ajustadas as vias de aceleração e abrandamento.

Os trabalhos iniciaram-se pela análise dos elementos dos estudos anteriores, que foram desenvolvidos em propostas de intervenção, projeto base e com todos os pressupostos que acima já foram mencionados.

As alterações efetuadas relativamente ao projeto execução, revisão 00, entregue em novembro de 2023, foram as seguir mencionadas:

- No Nó do Roncão alterou-se a geometria em planta do Caminho Paralelo 1, por forma a não interferir com a zona de proteção indicada pelo Ambiente;
- Reformulação integral do Nó com EN261-1, por forma a desviar da lixeira selada existente.
- Na secção corrente foram ajustadas as vias de aceleração e abrandamento, por forma a encaixar o novo nó com a EN261-1.

A planta de pavimentos na escala 1:1 000 (ver desenhos RVGR-PE-T2-P3-10-01 a 17-R01).



## 5 DIMENSIONAMENTO DO PAVIMENTO

### 5.1 Parâmetros Tidos em Consideração

Os principais parâmetros que afetam o comportamento estrutural dos pavimentos e que foram tomados em consideração na sua conceção e nos cálculos para o dimensionamento são os seguintes:

- As solicitações de tráfego, nomeadamente o tipo de veículos e a velocidade de circulação;
- O período de dimensionamento, em função do tipo de pavimento a considerar;
- As características climáticas da região;
- As características geotécnicas dos solos ocorrentes na região;
- A capacidade de suporte do solo de fundação;
- As características mecânicas dos materiais constituintes das diferentes camadas.

### 5.2 Metodologia Adotada para o Dimensionamento dos Pavimentos

Para avaliação da capacidade de carga utilizou-se um método racional, que tem por base a análise estrutural do pavimento, e que recorre ao cálculo dos estados de tensão e de deformação induzidos na estrutura do pavimento e na respetiva fundação quando esta é solicitada pelos eixos dos veículos.

Os estados de tensão e de deformação são determinados admitindo um modelo de comportamento em que o pavimento é assimilado a um conjunto de camadas sobrepostas assentes sobre a respetiva fundação. Admite-se que os materiais constituintes das camadas têm um comportamento elástico linear e isótropo. A ação dos eixos dos veículos pesados, durante o período de vida de projeto, é expressa em termos de um número equivalente de passagens de um eixo simples padrão.

Para a conversão do número acumulado de veículos pesados num número equivalente de passagens do eixo padrão utilizou-se um fator de agressividade com valor de acordo com o previsto no "*Manual de Conceção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional*". O eixo padrão utilizado foi um eixo simples de 130kN.

Para avaliar a capacidade de carga dos pavimentos utilizaram-se critérios que consideram os seguintes estados limites de ruína do pavimento para fixar os respetivos critérios de dimensionamento:

- i) Fendilhamento excessivo à superfície do pavimento, resultante da rotura por fadiga, em tração, das camadas betuminosas, tendo-se limitado a extensão máxima de tração na zona inferior das camadas betuminosas;
- ii) Deformação excessiva (cavados de rodeira) à superfície da camada de desgaste, tendo-se limitado a extensão vertical de compressão no topo da fundação do pavimento.

Os valores limite das extensões são fixados em função do número de passagens do eixo padrão de 130kN durante o período de vida de projeto.

Tendo sido adotada uma metodologia baseada no cálculo dos estados de tensão e de deformação induzidos nas camadas do pavimento, e na respetiva fundação, pela passagem de eixos padrão, os estados limites adotados foram considerados, para efeitos de dimensionamento, através dos critérios que se apresentam de seguida.

### 5.3 Tráfego

Para efeitos de dimensionamento de uma estrutura de pavimento, devem ser considerados, em termos de solicitações impostas na mesma, os volumes de tráfego utente de veículos pesados que poderão vir a circular, ao longo do período considerado como vida útil do pavimento, no acesso rodoviário para o qual está a ser projetada.

Para a elaboração do presente estudo foi elaborado um estudo de tráfego com a previsão do número de pesados expectáveis para um período de 20 anos, considerando como ano de abertura 2023. Faz parte do referido estudo o tráfego previsto nos dois sentidos para a plena via.

Para o caso da plena via, o estudo de tráfego apresenta uma divisão do sublanço entre o trecho Nó de Roncão / Nó de Grândola Norte. Na formulação dos pavimentos dos Nós foi considerado o valor de tráfego mais elevado para cada Nó referente ao ano de 2022.

O tráfego assim fornecido serviu de base para o cálculo do Número Equivalente de Eixos Padrão (NAEP) de 130 KN, sendo este definido como o tráfego acumulado (expresso em termos de eixos padrão) que vai solicitar o pavimento durante o período de dimensionamento.

O valor de NAEP [3.1,] que se apresenta no quadro 1, foi calculado pela soma anual dos (TMDA)<sub>p</sub> tendo em consideração a partição de 50% do tráfego por sentido. Para a plena via não foi considerado que 90% da circulação do tráfego de pesados na plataforma se realiza na via da direita, pelo que estamos do lado da segurança. Enquanto que para os Nós, deverá ser considerado, de uma forma conservativa, ao valor total do TMDA<sub>p</sub>.

$$NAEP = N_{130}^{dim} = 365 \times (TMDA)_p \times \alpha \quad \dots\dots\dots[3.1]$$

Onde  $\alpha$  = factor de agressividade para  $N_{130}^{dim}$  dado por:

$$\alpha_{130} = \alpha_{80} \times \left( \frac{80}{130} \right)^4 \quad \dots\dots\dots[3.2]$$

Onde  $\alpha_{80}$  = factor de agressividade proposto pelo MCPRRN [1] para pavimentos flexíveis e eixo-padrão de 80 kN.

Assim, de acordo com o exposto anteriormente obteve-se o seguinte número acumulado de eixos padrão de 130kN apresentados no Quadro 1.

QUADRO 1 – TRÁFEGO MÉDIO DE VEÍCULOS PESADOS E NÚMERO ACUMULADO DE EIXOS PADRÃO

PAVIMENTO		TMDAp	$\alpha$	$N_{130}^{dim}$	CLASSE DE TRÁFEGO
		2023			
Plena Via		469	1,0	$3,84 \times 10^6$	T4
Nó de Roncão	Ramo A	21	0,29	$5,91 \times 10^4$	T7
	Ramo B				
	Ramo C				
	Ramo D				
	Ramo A+B				
	Ramo C+D				
	Restabelecimentos				
Nó de Melides	Ramo A	21	0,29	$5,91 \times 10^4$	T7
	Ramo B				
	Ramo C				
	Ramo D				
	Ramo A+B				
	Ramo C+D				
	Rest. + Rotundas				
Nó da EN261-1	Ramo A	21	0,29	$5,91 \times 10^4$	T7
	Ramo B				
	Ramo C				
	Ramo D				
	Ramo A+B				
	Ramo C+D				
	Rest. + Rotundas				

TMDAp – tráfego médio diário anual de veículos pesados

$\alpha$  – fator de agressividade

$N_{130}^{dim}$  – número acumulado de passagens de eixos padrão de 130kN para dimensionamento

O (TMDA)<sub>p</sub> de cálculo, foi determinado tendo em conta o (TMDA)<sub>p</sub> estimado para o horizonte de projeto de 20 anos.

## 5.4 Pavimento Novo

### 5.4.1 Características dos materiais a utilizar

O dimensionamento de uma estrutura de pavimento implica, para além do conhecimento das características geológico-geotécnicas dos materiais que irão constituir a fundação da mesma e das solicitações de tráfego a que estará sujeita ao longo do seu período de vida útil, a definição das características mecânicas das camadas que a constituem, nomeadamente, dos seus módulos de deformabilidade e Coeficientes de Poisson.

#### **5.4.1.1 FUNDAÇÃO DO PAVIMENTO**

Tendo ainda em consideração o referido anteriormente, considerou-se uma classe de plataforma F2 ( $E_F = 60$  MPa e CBR = 6%) a obter pela melhoria das características do leito de pavimento para a secção e nós de ligação, do seguinte modo:

- Em escavação - através da substituição dos solos locais, quando em escavação, cuja espessura deverá ser de 0,15 m;
- Em aterro através da sua execução com solos de empréstimo e das camadas adequadas para a parte superior do aterro.

No que se refere ao Coeficiente de Poisson, considerou-se, o valor de 0,40.

#### **5.4.1.2 CAMADAS GRANULARES**

Tendo em conta o referido no ponto anterior as camadas de material granulares, foram consideradas no cálculo estrutural como sendo constituídas uma camada de sub-base com 0,20m de espessura e camada de base com espessura de 0,20m.

De acordo com a metodologia proposta pela Shell, o módulo de deformabilidade de uma camada de sub-base constituída por material britado de granulometria extensa ( $E_{sb}$ ) pode ser obtido a partir da espessura, em mm, da mesma ( $h_{sb}$ ) e do módulo de deformabilidade da fundação ( $E_f$ ), através de:

$$E_{sb} = 0,2 \times h_{sb}^{0,45} \times E_f$$

Desta forma obteve-se módulo de deformabilidade de 130MPa para camada de sub-base e 280MPa para a camada de base em agregado britado de granulometria extensa (ABGE).

No entanto, para efeitos de modelação estrutural consideraram-se duas camadas em agregado britado de granulometria extensa (ABGE), com uma espessura de 0,20m de sub-base e um módulo de deformabilidade de 120MPa e com uma espessura de 0,20m de base e um módulo de deformabilidade de 240MPa.

No que se refere ao Coeficiente de Poisson, considerou-se, para ambas as camadas, o valor de 0,35.

#### **5.4.1.3 MISTURAS BETUMINOSAS**

A determinação das características mecânicas das camadas betuminosas teve por base a conjugação de elementos informativos sobre:

- Regime das temperaturas do ar na região e da temperatura de serviço;
- A duração da solicitação de carga;
- As características da mistura betuminosa a utilizar nas camadas, ou seja, as características do betume e a composição em termos de percentagens volumétricas de betume.

#### 5.4.1.3.1 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Os fatores climáticos que mais influenciam o comportamento dos pavimentos em estudo são a pluviosidade e os fatores térmicos. O primeiro fator influência, sobretudo, as características mecânicas das camadas não ligadas, como é caso das camadas de sub-base e base e dos solos da fundação.

No que se refere aos fatores térmicos locais, estes influenciam o comportamento mecânico das misturas betuminosas. Dado que os fatores têm variações diárias e anuais, torna-se necessário para efeitos de cálculo, de acordo com a Shell, obter uma temperatura ponderada que possa ser considerada como representativa.

A partir das temperaturas médias mensais publicadas pelo INMG para a estação de Setúbal referentes ao período de 1981-2010 obtiveram-se os fatores de ponderação indicados no Quadro 2.

QUADRO 2 – TEMPERATURAS PONDERADAS

Mês	Temp. Média Mensal (°C)	Fator de Ponderação w
Janeiro	10.1	0.28
Fevereiro	11.3	0.33
Março	13.5	0.44
Abril	14.8	0.53
Maio	17.4	0.76
Junho	20.9	1.30
Julho	23.1	1.65
Agosto	23.2	1.70
Setembro	21.3	1.35
Outubro	17.9	0.81
Novembro	13.9	0.46
Dezembro	11.3	0.33
Total dos fat. de pond. W	° w = 9.94	
Média anual de w (° w/12)	0.83	
Temperatura equivalente (°C)	<b>18,1</b>	

A partir da temperatura ponderada do ar, calcularam-se as temperaturas de projeto, a utilizar para efeitos de cálculo da capacidade de carga do pavimento, tendo-se para o efeito usado a metodologia da Shell.

O método proposto pela Shell, baseia-se na utilização dum ábaco (Chart RT), o qual relaciona a temperatura média anual com a espessura das camadas betuminosas, e deste modo obtém-se a temperatura do pavimento a diversas profundidades.

Nos Quadros 3 e 4 apresentam-se as temperaturas a várias profundidades calculadas pela metodologia mencionada.

QUADRO 3 – TEMPERATURAS DE CÁLCULO ÀS DIFERENTES PROFUNDIDADES (PLENA VIA)

Localização	Camadas	Profundidade média da camada (mm)	Temperatura do pavimento (°C)
Plena Via (Novo)	Camada de Desgaste em SMA 11	25	28,4
	Camada de Ligação em Macadame Betuminoso	95	27,3
	Camada de Base em Macadame Betuminoso	185	26,3
Plena Via (Reforço)	Camada de Desgaste em SMA 11	25	28,4
	Camada de Ligação em Betão Betuminoso – AC 14	75	27,6
	Camada de Base em Macadame Betuminoso	130	26,9

QUADRO 4 – TEMPERATURAS DE CÁLCULO ÀS DIFERENTES PROFUNDIDADES (NÓS)

Localização	Camadas	Profundidade média da camada (mm)	Temperatura do pavimento (°C)
Nó de Roncão, Nó de Melides e Nó da EN261-1	Camada de Desgaste em Betão Betuminoso	20	28,5
	Camada de Base em Macadame Betuminoso	65	27,8

#### 5.4.1.3.2 TEMPO DE DURAÇÃO DA CARGA

Admitiu-se que o tempo de duração da solicitação de carga correspondia a uma velocidade de 30km/h nos Nós e 60km/h na plena via, que se assumiu como característica das condições médias de circulação de pesados.

Deste modo, os tempos de carregamento serão:

Plena via:  $t = 1/60 = 0,0167$  s;

Nós:  $t = 1/30 = 0,033$  s.

#### 5.4.1.3.3 CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS

De acordo com os elementos fornecidos pelo fabricante e a bibliografia disponível para este tipo de misturas conclui-se, através de ensaios, que genericamente os intervalos dos módulos de cálculo que podem ser considerados na mistura betuminosa do tipo SMA 11 (para espessuras entre 3 e 5 cm) estão compreendidos no intervalo 4000-5000 MPa.

No caso das misturas betuminosas do tipo SMA normais, o fabricante assume que o módulo de rigidez a considerar no cálculo será 15% superior ao módulo de uma mistura betuminosa convencional. No entanto, no dimensionamento efetuado para a camada em SMA, a seguir apresentado, admitiu-se que o seu módulo de rigidez é de 10% inferior ao de uma mistura betuminosa convencional, conforme indicação da Infraestrutura de Portugal.

As misturas betuminosas fabricadas com betumes modificados apresentam leis de fadiga diferentes das estimadas pela lei da Shell.

Prevê-se para a camada de desgaste da plena via seja em SMA 11, que tenha como aglutinante um betume modificado de penetração 50/70, tem-se  $pen(25^{\circ}\text{C}) = 60 \times 10^{-1}\text{mm}$  (valor médio). No entanto, devido ao endurecimento durante o processo de fabrico e colocação da mistura em obra, o que se traduz numa alteração das características do betume, admite-se em geral que, após entrada em serviço, a penetração do betume é de cerca de 65% do valor inicial:

$$pen_{serviço} = 0.65 \times pen_{inicial} = 39 \times 10^{-1} \text{ mm, para o betume 50/70}$$

Prevê-se para as camadas subjacentes à camada de desgaste da plena via e Nós de ligação o betume puro de penetração 35/50, tem-se  $pen(25^{\circ}\text{C}) = 42.5 \times 10^{-1}\text{mm}$  (valor médio). No entanto, devido ao endurecimento durante o processo de fabrico e colocação da mistura em obra, o que se traduz numa alteração das características do betume, admite-se em geral que, após entrada em serviço, a penetração do betume é de cerca de 65% do valor inicial:

$$pen_{serviço} = 0.65 \times pen_{inicial} = 27.625 \times 10^{-1} \text{ mm, para o betume 35/50}$$

Quanto à composição das misturas, considerou-se, para efeitos de dimensionamento, para a camada de desgaste em SMA e betão betuminoso de desgaste e de ligação (BB) uma percentagem volumétrica de betume igual a 12% e uma percentagem de vazios de 4% e para o Macadame betuminoso (MB) uma percentagem volumétrica de betume igual a 10% e uma percentagem de vazios de 6%.

#### **5.4.1.3.4 CÁLCULO DOS MÓDULOS DE DEFORMABILIDADE**

A determinação dos módulos de deformabilidade das misturas betuminosas implica a determinação do módulo de rigidez do betume.

A rigidez do betume depende da temperatura de amolecimento anel e bola ( $T_{ab}$ ) recuperada do betume (após colocação em obra), e daquela em que provavelmente se encontrará a mistura ( $T$ ), bem como, do tempo de aplicação da carga ( $t$ ), que é função da velocidade de projeto ( $v$ ), tendo sido considerada, no cálculo do módulo de rigidez do betume, a expressão de *Ullidtz* e *Peattie*, que traduz o ábaco de *Van de Pöel*:

$$E_{betume} = 1.157 \times 10^{-7} \times t^{-0.368} \times e^{-ip} \times (T_{ab} - T)^5$$

O índice de penetração do betume (em serviço),  $IP$ , que traduz a sensibilidade da penetração do betume à temperatura, pode ser determinado da seguinte forma:

$$IP = \frac{1952 - 500 \times \log_{10}(pen_{25}) - 20 \times T_{ab}}{50 \times \log_{10}(pen_{25}) - T_{ab} - 120}$$

O valor da temperatura de amolecimento do betume, obtido em ensaio de anel e bola, pode ser estimado a partir de:

$$T_{ab} = 98.4 - 26.4 \times \log(pen_{25})$$

Por fim, segundo a metodologia proposta pela SHELL, o módulo de deformabilidade da mistura pode ser obtido, a partir da rigidez do betume e da composição da mistura (teor volumétrico de agregado,  $V_a$ , de betume,  $V_b$ , e de vazios,  $V_v$ ), da seguinte forma:

$$E_{mistura} = E_{betume} \times \left( 1 + \frac{2.5 \times C_v}{n \times (1 - C_v)} \right)^n$$

em que:

$$n = 0.83 \times \log \left( \frac{4 \times 10^4}{E_{betume}} \right), C_v = \frac{V_a}{(V_a + V_b) \times (0.97 + V_v)}$$

No quadro que se apresenta de seguida incluíram-se os resultados obtidos na aplicação da metodologia de cálculo adotada.

Tendo em conta a influência das condições climáticas durante a fase de construção, admitiram-se, para efeitos de dimensionamento da solução de pavimentação proposta, as características de deformabilidade indicada no Quadro 5, considerando-se os valores obtidos no cálculo e os admitidos no dimensionamento.

QUADRO 5 – CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS

Parâmetros	Plena Via		
	Camada de Desgaste (SMA 11Surf PMB45/80-65)	Macadame de Ligação (AC20bin35/50 (MB))	Macadame de Base (AC20 base35/50 (MB))
$E_{betume}$	12,06	25,78	29,92
$IP$	-0,295	-0,225	-0,225
$n$	2,922	2,648	2,595
$C_v$	0,87	0,87	0,87
$E_{mistura}$	<b>2900 = (-10%) 2610 MPa</b>	<b>4700 MPa</b>	<b>5200 MPa</b>
Parâmetros	Nós		
	Betão Betuminoso Desgaste (A14 Surf 35/50 (BB))	Macadame de Base (AC20base35/50 (MB))	
$E_{betume}$	16,60	18,51	
$IP$	-0,225	-0,225	
$n$	2,807	2,768	
$C_v$	0,87	0,87	
$E_{mistura}$	<b>3500 MPa</b>	<b>3900 MPa</b>	



## 5.4.2 Verificação estrutural

### 5.4.2.1 FADIGA DAS CAMADAS BETUMINOSAS

Neste caso, o critério adotado traduz-se na limitação da extensão máxima de tração no limite inferior das camadas betuminosas, o que visa impedir a rotura por fadiga em tração daquelas camadas durante o período de dimensionamento. Para este efeito, considerou-se a lei de fadiga proposta pela SHELL:

$$\varepsilon_t = (0.856 \times V_b + 1.08) \times E^{-0.36} \times N^{-0.20}$$

sendo, N o número acumulado de passagens do eixo padrão durante a vida útil do pavimento, e  $V_b$  e, respetivamente, a percentagem volumétrica de betume e o módulo de deformabilidade da camada betuminosa inferior.

### 5.4.2.2 DEFORMAÇÕES PERMANENTES DA FUNDAÇÃO

Com base no critério proposto pela SHELL, impõe-se a limitação da extensão vertical de compressão no topo da fundação do pavimento, com vista a reduzir a sua contribuição para a ocorrência de deformações permanentes e a consequente formação de cavados de rodeira. O valor limite da extensão de compressão é determinado da seguinte forma:

$$\varepsilon_c = 1.8 \times 10^{-2} \times N^{-0.25}$$

em que, N é o número acumulado de passagens do eixo padrão durante o período de vida útil do projeto. O critério considerado admite uma probabilidade de ruína, antes do final do período de vida útil, por deformação permanente da fundação de 5%.

### 5.4.2.3 VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA

Tendo em conta as propriedades mecânicas dos materiais cuja utilização se preconiza na execução das camadas constituintes da estrutura de pavimento projetada, determinaram-se, recorrendo ao programa de cálculo **BISAR3.0**, os valores que ocorrem quando a mesma é solicitada pela ação de um eixo padrão de 130kN, designadamente as extensões máximas de tração na base das camadas betuminosas ( $\varepsilon_{t,máx}$ ) e as extensões máximas de compressão no topo da fundação ( $\varepsilon_{c,máx}$ ).

Após a análise de diversos modelos estruturais, selecionou-se a seguinte estrutura para dimensionamento do pavimento.

#### Plena via

- Camada de Desgaste em SMA11 Surf PMB45/80-65, com espessura de 0,05 m;
- Camada de Ligação em Macadame Betuminoso – AC20 bin 35/50 (MB), com espessura de 0,09 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,09 m;

- Camada de base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Sub-base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Fundação, em leito de pavimento Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,15m de espessura.

#### Nós - Roncão, Melides e EN261-1

- Camada de Desgaste em Betão Betuminoso – AC14 Surf 35/50 (BB), com espessura de 0,04 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Sub-base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Fundação, em leito de pavimento Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,15m de espessura.

A partir dos valores das extensões máximas, e com base nos critérios de dimensionamento enunciados, foi possível determinar, para efeitos de verificação da capacidade de carga, os números acumulados de eixos padrão admissíveis, ou seja, que a estrutura permite suportar antes de ocorrer a rotura por fadiga das camadas betuminosas ( $NAEP_{bet,adm}$ ) ou por deformação permanente da fundação ( $NAEP_{fund,adm}$ ).

Desta forma, é possível efetuar uma análise comparativa entre o volume acumulado de tráfego previsto para o período de vida útil de projeto ( $NAEP_{dim}$ ), e os valores admissíveis determinados pelas leis de fadiga.

No quadro seguinte indica-se os resultados obtidos para a estrutura que foi dimensionada com base nesta metodologia:

QUADRO 6 – VALORES ADMISSÍVEIS

Pavimentos	NAEP <sub>dim</sub> [2023 -2043]	DEFORMAÇÕES / ACÇÕES ADMISSÍVEIS				COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO NO FINAL DO PERIODO DE 20 ANOS	
		$e_t \times 10^{-6}$	NAEP <sub>t</sub>	$e_c \times 10^{-6}$	NAEP <sub>c</sub>	Fadiga	Compressão
Plena Via	3,84E+06	131,3	6,92E+06	329,7	8,88+06	55%	43%
Nós	5,91E+04	323,8	1,27E+05	750,1	3,32 E+05	46%	18%

Pela análise comparativa dos resultados obtidos, constata-se que os números acumulados de eixos padrão de 130kN determinados, com base na aplicação das leis de fadiga, a partir das extensões máximas admissíveis induzidas pela passagem de um eixo padrão de 130kN, são superiores ao valor de tráfego, expresso no mesmo tipo de eixos padrão, que se admitiu poder vir a solicitar, ao longo do período de vida útil de 20 anos, o pavimento em projeto.

Deste modo, pode concluir-se que as soluções de pavimentação projetadas, no cenário admitido em termos das condições de fundação e das características mecânicas dos materiais a empregar, é compatível com as condições de utilização (tráfego) expectáveis, durante a vida de projeto, segundo os critérios de dimensionamento adotados.

## 5.5 Pavimento de Reforço

### 5.5.1 Introdução

Inclui-se neste capítulo o estudo da beneficiação/reforço dos pavimentos existentes na plataforma do IC33 que ira constituir uma das faixas de rodagem do futuro IP8.

O estudo elaborado contou com uma campanha de prospeção que incluiu a execução de ensaios de carga com defletómetro de impacto (FWD), de poços no pavimento e de sondagens à rotação para recolha de carotes.

Enquanto a inspeção visual se centra na avaliação do estado superficial, isto é, apenas na parte visível do pavimento, mais propriamente na camada de desgaste, a avaliação estrutural interfere no mecanismo pavimento-fundação.

A deflexão do pavimento foi obtida utilizando o equipamento defletómetro de Impacto (*Falling Weight Deflectometer* – FWD) que sucintamente consiste na indução carga vertical dinâmica de impacto normalizada na superfície do pavimento, através da queda de uma massa a uma determinada altura e duração temporal.

A bacia de deflexão representa a resposta das camadas estruturais, à aplicação de um carregamento e ao mesmo tempo permite avaliar a contribuição de cada camada no comportamento estrutural. A aplicação de um carregamento num determinado local do pavimento traduz-se numa flexão, que diminui com a profundidade e com a distância ao ponto de aplicação da carga, dependendo ainda do módulo de elasticidade das camadas.

Com base nos valores fornecidos pela Argonvia, relativos à campanha de ensaios de carga com defletómetro de impacto que foram realizados em janeiro de 2023, ao longo da rodeira direita das vias direitas em ambos os sentidos, cuja distância entre pontos ensaiados em cada alinhamento foi, regra geral, de 200 metros, e com o objetivo de efetuar considerações relativamente à definição de zonas com comportamento estrutural homogéneo.

Do tratamento dos resultados obtidos das deflexões obtidas pelo defletómetro de impacto, identificou-se catorze zonas com comportamento estrutural homogéneo e uniforme ao longo do troço em estudo (cinco zonas no sentido de Roncão / Grândola Norte e quatro zonas no sentido contrário), de modo a serem estudadas soluções de beneficiação / reforço para cada zona, conforme mostra o Quadro 7.

QUADRO 7 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS HOMOGÉNEAS

Sentido	Zona	Localização
Roncão /	ZRG4	26+850 ao 42+100

Grândola Norte	ZRG5	42+300 ao 42+500
	ZRG6	42+700 ao 43+700
	ZRG7	43+900 ao 44+900
	ZRG8	45+100 ao 48+300
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	26+850 ao 29+200
	ZGR4	29+400 ao 39+800
	ZGR5	40+000 ao 45+000
	ZGR6	45+200 ao 48+400

No Quadro 8 apresentam-se os valores característicos das deflexões (média, desvio padrão e percentil 85%), no sentido Roncão – Grândola Norte.

QUADRO 8 – DEFLEXÕES MÉDIAS, DESVIO PADRÃO E PERCENTIL 85% SENTIDO RONCÃO – GRÂNDOLA NORTE

Zona	Localização	Parâmetros	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7	Df8	Df9
ZRG4	26+850 ao 42+100	Média	207	150	116	89	51	27	15	9	7
		D. Padrão	61	44	36	30	21	14	9	7	5
		Percentil 85%	270	195	153	120	72	41	24	16	12
ZRG5	42+100 ao 42+500	Média	355	211	159	119	66	31	17	11	8
		D. Padrão	224	123	97	78	54	31	18	11	6
		Percentil 85%	587	338	259	200	122	63	35	21	14

ZRG6	42+500 ao 43+700	Média	208	153	122	96	57	33	21	16	13
		D. Padrão	36	33	32	30	24	19	15	13	10
		Percentil 85%	245	187	156	127	82	52	36	29	24
ZRG7	43+700 ao 44+900	Média	340	240	195	155	94	54	32	23	18
		D. Padrão	131	103	84	68	44	27	16	14	12
		Percentil 85%	476	346	282	226	140	82	48	37	30
ZRG8	44+900 ao 48+300	Média	204	165	145	126	95	68	49	37	29
		D. Padrão	43	38	34	31	26	21	17	14	12
		Percentil 85%	249	204	180	158	121	90	67	52	41

No Quadro 9 apresentam-se os valores característicos das deflexões (média, desvio padrão e percentil 85%), no sentido Grândola Norte - Roncão.

QUADRO 9 – DEFLEXÕES MÉDIAS, DESVIO PADRÃO E PERCENTIL 85% SENTIDO RONÇÃO – RELVAS VERDES

Zona	Localização	Parâmetros	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7	Df8	Df9
ZGR3	26+850 ao 29+200	Média	302	206	157	119	65	32	16	10	8
		D. Padrão	107	68	52	42	28	20	13	10	8
		Percentil 85%	413	276	211	163	94	52	30	21	16
ZGR4	29+200 ao 39+800	Média	210	148	114	86	46	25	14	8	6
		D. Padrão	70	41	31	23	16	12	9	6	5
		Percentil 85%	282	190	146	110	63	38	23	15	11
ZGR5	39+800 ao	Média	329	223	169	131	70	38	23	15	11
		D. Padrão	136	92	71	55	31	23	18	14	10

	45+000	Percentil 85%	469	318	242	189	102	62	42	29	21
ZGR6	45+000 ao	Média	237	188	160	140	100	76	55	40	29
		D. Padrão	59	50	43	37	29	23	19	15	13
	48+400	Percentil 85%	298	239	204	179	130	100	75	56	42

A análise destes valores permite constatar que no sentido Roncão / Grândola Norte, a zona a que correspondem as maiores deflexões é a zona ZRG5, com valores do percentil 85% ligeiramente abaixo dos 600  $\mu$ m.

No sentido contrário a zona com piores características corresponde às zonas ZGR3 e ZGR5, com valores do percentil 85% ligeiramente abaixo dos 500  $\mu$ m.

Conforme se verificará no ponto seguinte, a análise da inspeção visual ao pavimento comprovou que são estas zonas correspondem ao pavimento mais deteriorado, com degradações muito visíveis, com maior nível de gravidade e com grande continuidade.

### 5.5.2 PROSPEÇÃO EFETUADA

A prospeção efetuada no âmbito do presente projeto foi realizada conforme previsto no Plano de Prospeção, que fez parte integrante do Tomo 4 - Pavimentação, do Volume 1 – Relatório de caracterização da situação existente e propostas de intervenção, capítulo da Inspeção Visual do Pavimento e Plano de Prospeção, apresentando-se os resultados obtidos no anexo 2 da presente memória.

De acordo com os critérios mencionados no Plano de Prospeção, foram realizados 11 poços na berma da plena via e 22 sondagens à rotação no pavimento do sublanço em análise e nos ramos do Nós Relvas Verdes, Badoca e Adema subdivididas em:

- 14 em secção corrente (plena via)
- 9 nos ramos dos Nós de Roncão, Melides e EN261-1.

#### 5.5.2.1 SONDAGENS À ROTAÇÃO (CAROTAGENS)

As sondagens à rotação no pavimento foram realizadas no dia 14 de março de 2023, com o intuito de se proceder à recolha de amostras das misturas betuminosas e posterior medição das reais espessuras das camadas constituintes, de modo a prever-se a profundidade de fresagem, caso esta venha a ser necessária, e ensaios laboratoriais para a caracterização dos materiais betuminosos subjacente à camada superficial de desgaste a remover pelo seu avançado estado de degradação.

As sondagens foram realizadas nos locais definidos no Plano de Prospeção utilizando caroteadora com manga de diâmetro exterior de 100 mm, com injeção de água. A profundidade de cada sondagem foi condicionada, em cada ponto, pela ocorrência da camada de base granular, detetada pela mudança da cor da água da injeção.

Os tarolos foram medidos e fotografados na sua totalidade, apresentando-se no Anexo 2 as respetivas fotografias e as espessuras das diferentes camadas constituintes.

No quadro 10 apresenta-se o resumo detalhado das espessuras determinadas em cada uma das camadas betuminosas constituintes das amostras colhidas na plena via, agrupados pelas nove zonas com comportamento estrutural homogéneo e uniforme ao longo do troço em estudo (cinco zonas por cada sentido Roncão / Grândola Norte e quatro zonas no sentido contrário), de modo a serem estudadas soluções de beneficiação / reforço para cada zona.

A execução de sondagens permitiu determinar a natureza da propagação de fendas, ou seja, se estas têm origem à superfície (“top down”) ou se foram propagadas de baixo para cima (ruína do pavimento).

QUADRO 10 - ESPESURAS MEDIDAS NAS CAROTES EM AMBOS OS SENTIDOS DA PLENA VIA

Zona	Carote	Pk	Sentido	Camada de Desgaste	Camada de Regularização	Camada de Base	Total
ZRG4	SR25	31+200	Roncão / Grândola Norte	---	---	---	28,0
	SR26	34+200		$(2,0+10,0) = 12,0$	4,0	8,0	24,0
	SR27	37+400		$(2,5+4,1) = 6,6$	9,4	13,5	29,5
	SR28	39+100		$(2,4+11,1) = 13,5$	6,5	5,0	25,0
<b>Média</b>				<b>10,7</b>	<b>6,6</b>	<b>8,8</b>	<b>26,6</b>
ZRG5	---	---		---	---	---	---
ZRG6	SR29	43+300		---	---	---	<b>26,0</b>
ZRG7	---	---		---	---	---	---
ZRG8	SR30	46+925		8,5	9,5	6,0	24,0
ZGR3	---	----		Grândola Norte / Roncão	---	---	---
ZGR4	SR38	31+700	$(2,5+10,0) = 12,5$		6,5	6,0	25,0
	SR37	34+500	3,5		14,5	5,5	23,5
	SR36	37+730	$(2,5+4,5) = 7,0$		6,5	15,5	29,0
<b>Média</b>			<b>7,7</b>	<b>9,2</b>	<b>9,0</b>	<b>25,8</b>	

Zona	Carote	Pk	Sentido	Camada de Desgaste	Camada de Regularização	Camada de Base	Total
ZGR5	SR35	40+300		2,5	11,5	11,0	25,0
	SR34	43+300		$(2,5+10) = 12,5$	6,0	5,6	24,1
<b>Média</b>				<b>7,5</b>	<b>8,8</b>	<b>8,3</b>	<b>24,6</b>
ZGR6	SR33	46+100		$(2,5+9,0) = 11,5$	8,5	5,0	25,0
	SR31	48+350		4,0	7,5	15,5	27,0
<b>Média</b>				<b>7,8</b>	<b>8,0</b>	<b>10,3</b>	<b>26,0</b>

Através do quadro acima verifica-se que, na prospeção executada na secção corrente, no sentido Relvas Roncão/Grândola Norte, a espessura média total de material betuminoso é de 26,1 cm, tendo-se obtido uma espessura média para as camadas de desgaste de 6,8 cm (admite-se que tenha existido recarga da camada de desgaste com uma camada fina em betão betuminoso do tipo AC10), para a camada de regularização uma espessura média de 4,9 cm e para as camadas de base, evidenciam, uma espessura média de 5,4 cm. Por outro lado, no sentido Grândola Norte/Roncão, a espessura média total de material betuminoso é de 24,0 cm, tendo-se obtido uma espessura média para as camadas de desgaste de 7,6 cm (admite-se que tenha existido uma recarga da camada de desgaste com uma camada fina em betão betuminoso do tipo AC10), para a camada de regularização uma espessura média de 8,8 cm e para as camadas de base, evidenciam, uma espessura média de 9,3 cm.

### 5.5.2.2 Poços

Os 11 poços na berma pavimentada foram realizados em 14 de novembro de 2022 na berma junto às guias sonoras, com recurso a meios mecânicos e manuais e sem entivação, após serragem e retirada das camadas betuminosas existentes, visando a observação direta das camadas constituintes dos pavimentos existentes e dos terrenos de fundação, em cada um dos locais prospetados.

Os poços realizados permitiram assim conhecer a constituição do pavimento, realização de ensaios “*in situ*” e a recolha de amostras de material granular (tout-venant) e solos de fundação para a posterior realização de ensaios laboratoriais (ensaios de identificação, Proctor e CBR).

Após a recolha das amostras, os poços foram fechados com o material retirado, e material granular adicional, devidamente compactados até se atingir à base das camadas betuminosas e acabados de preencher com misturas betuminosas.

No Quadro 11 apresentam-se as profundidades atingidas por cada um dos poços abertos, assim como as espessuras das diferentes camadas betuminosas, granulares e solos de fundação detetadas.

QUADRO 11 – CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO DEDUZIDA DOS POÇOS



Zona	Pk	Poço	Camadas Betuminosas	Camadas Granulares	Solo de Fundação
			Base+Sub-Base		
Espessura em cm					
Sentido Roncão / Grândola Norte					
ZRG4	33+200 e 33+560	P4 e P5	(17+14) = 15,5	(53+51) = 52	(---) e 17
ZRG5	42+400	P6	13	39	---
ZRG6	43+330	P7	12	43	NF a 0,50m
ZRG7	44+300	P8	25	27	29
ZRG8	46+925	P9	17	38	27
Sentido Grândola Norte / Roncão					
ZGR3	28+000	P14	12	46	NF a 0,55m
ZGR4	34+880	P13	25	26	12*
ZGR5	41+050 e 44+900	P11 e P12	(25+14) = 19,5	(35+46) = 40,5	NF a 0,55m e 21
ZGR6	47+000	P10	21	41	20

\* P13: pk 34+880 abaixo dos 12 cm possível maciço rochoso. NF – Nível Freático. --- infraestrutura.

### 5.5.2.3 SOLOS DE FUNDAÇÃO

Nos Quadros 12, 13 e 14 apresentam-se os dados relativos as características mecânicas obtidas em laboratório e “in situ” dos solos de fundação e materiais constituintes das camadas de sub-base e base em “tout-venant”.

No anexo 2, apresenta-se os boletins dos ensaios laboratoriais realizados aos solos de fundação e materiais granulares.

No Quadro 12, apresentam-se os resultados relativos aos ensaios com gama densímetro e os teores em água corrigidos em estufa, à baridade seca determinada através dos ensaios de CBR para 95% de compactação, assim como os resultados de ensaios de CBR realizados sobre provetes moldados nas condições verificadas “in situ”.

QUADRO 12 – CARACTERÍSTICAS DE COMPACTAÇÃO E CBR

Localização				Gamadensimento				Proctor Modificado		CBR “95% de Comp,”	CBR “Condições in situ”
				Baridade Húmida	Baridade Seca	Teor em água	Compactação Relativa	Baridade Seca máxima	Teor em água optimo		
Sentido	Zona	km	Poço	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m <sup>3</sup>	(%)	(%)	Kg/m <sup>3</sup>	(%)	(%)	(%)
Roncão /	ZRG4	30+200	P4	Infraestrutura que não permitiu a recolha da amostra de solo.							

<b>Grândola Norte</b>		33+560	P5	2138	1851	15,5	86,1	2150	7,0	9	5
	ZRG5	42+400	P6	Infraestrutura que não permitiu a recolha da amostra de solo.							
	ZRG6	43+330	P7	Nível de água a 0,50 cm de profundidade. Não permitiu a recolha da amostra de solo.							
	ZRG7	44+300	P8	1891	1654	14,3	82,7	2000	9,3	15	3
	ZRG8	46+925	P9	1942	1667	16,5	80,1	2080	6,1	24	5
<b>Grândola Norte / Roncão</b>	ZGR3	28+000	P14	Nível de água a 0,55 cm de profundidade. Não permitiu a recolha da amostra de solo.							
	ZGR4	34+880	P13	1951	1734	12,5	86,7	2000	6,2	18	5
	ZGR5	41+050	P12	2012	1798	11,9	86,0	2090	8,4	29	6
		44+900	P11	Nível de água a 0,55 cm de profundidade. Não permitiu a recolha da amostra de solo.							
	ZGR6	47+000	P10	1920	1758	9,2	82,5	2130	8,0	31	3

A determinação da baridade seca máxima e do teor em água “in situ” foi efetuada com equipamento nuclear, à superfície por retrodifusão. O teor em água foi determinado também por secagem em estufa de amostras colhidas “in situ” e conservadas em recipiente estanque.

Constata-se que os graus de compactação dos solos “in situ” se revelaram bastante baixos, sendo inferiores a 90%, estando entre 80 e 87%.

No que se refere aos valores de CBR realizados a 95% da compactação óptima variam desde 9% e 31% e para as condições “in situ” estes variam desde 3% a 6% (média de 4,5%).

QUADRO 13 – CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS DE FUNDAÇÃO

Localização				Granulometria (% passada)											EA	LL	IP	Teor em água	Classificação	
				Peneiros (mm)																
Sentido	Zona	km	Poço	38,1	25,4	19,0	9,51	4,76	2,00	0,840	0,420	0,250	0,106	0,074	(%)	(%)	(%)	(%)	AASTHO	Unificada
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	30+200	P4	Infraestrutura que não permitiu a recolha da amostra de solo.																
		33+560	P5	96,2	91,5	88,9	77,4	66,0	55,5	45,1	37,6	31,5	23,3	20,8	17	22	6	15,5	A-1-b (0)	SC-SM
	ZRG5	42+400	P6	Infraestrutura que não permitiu a recolha da amostra de solo.																
	ZRG6	43+330	P7	Nível de água a 0,55 cm de profundidade. Não permitiu a recolha da amostra de solo.																
	ZGR7	44+300	P8	100	100	99,0	98,3	96,6	88,9	58,2	22,6	13,9	8,6	8,1	25	NP	NP	14,3	A-1-b (0)	SW-SM
	ZRG8	46+925	P9	100	100	100	99,1	97,1	89,2	68,6	37,8	19,4	11,3	10,4	25	NP	NP	16,5	A-1-b (0)	SW-SM
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	28+000	P14	Nível de água a 0,55 cm de profundidade. Não permitiu a recolha da amostra de solo.																
	ZGR4	34+880	P13	100	100	100	98,4	97,2	90,3	50,0	19,8	12,2	7,8	7,1	29	NP	NP	12,5	A-1-b (0)	SW-SM
	ZGR5	41+050	P12	97,1	97,1	96,8	95,6	94,6	90,5	68,7	26,4	16,2	12,5	11,7	23	NP	NP	11,9	A-1-b (0)	SP-SW
		44+900	P11	Nível de água a 0,55 cm de profundidade. Não permitiu a recolha da amostra de solo.																
ZRG6	47+000	P10	100	100	100	99,9	98,3	90,9	67,8	38,9	21,6	12,9	11,8	28	NP	NP	9,2	A-1-b (0)	SW-SM	

Como se pode constatar, os solos apresentam-se muito homogéneos, pouco evolutivos e incorporam uma quantidade de material com bom comportamento geotécnico, denotando características boa capacidade de suporte, distribuindo-se pelo grupo A-1-b (0) da classificação AASHTO, e pelos grupos SW-SM (4 casos), SC-SM (1 caso) e SP-SW (1 caso) da Classificação Unificada.

Da observação do quadro anterior pode concluir-se que estes solos são não plásticos, com a exceção da amostra do Poço 5 que o solo é plástico, e exibindo apenas valores de equivalente de areia abaixo do especificado no caderno de encargos da Infraestrutura de Portugal, no mínimo 30%, para solos seleccionados. A amostra do Poço 1 apresenta um valor de equivalente de areia acima do mínimo de 30%.

No que respeita à granulometria constata-se que a dimensão máxima é de 38,1 mm, e a percentagem passada no peneiro 0,074 mm cumpre o limite máximo de 20% especificado no caderno de encargos da Infraestrutura de Portugal, para solos seleccionados, com a exceção da amostra do Poço 5.

Tal como se disse atrás, o pavimento apresenta-se muito fissurado e com rodeiras, que permite a entrada de água para as camadas granulares e solos de fundação, denotam a sensibilidade à água destes solos para as condições “in situ”.

QUADRO 14 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS GRANULARES

Localização				Granulometria (% passada)									Equivalente de Areia	Teor água “in situ”
				Peneiros (mm)										
Sentido	Zona	km	Poço	40	31,5	16	8	4	2	1	0,5	0,063	(%)	(%)
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	30+200	P4	Não realizada										6,8
		33+560	P5	100	98	80	57	41	33	25	19	7,8	29	6,0
	ZRG5	42+400	P6	Não realizada										5,5
	ZRG6	43+330	P7	Não realizada										4,1
	ZGR7	44+300	P8	Não realizada										4,6
	ZRG8	46+925	P9	100	94	72	46	29	22	15	12	6,4	25	4,4
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	28+000	P14	Não realizada										5,6
	ZGR4	34+880	P13	Não realizada										3,8
	ZGR5	41+050	P12	Não realizada										3,3
		44+900	P11	Não realizada										4,7
	ZRG6	47+000	P10	Não realizada										6,1
Média				100	96	76	52	35	28	20	16	7,1	27	5,0

	Fuso de Controlo – CE IP									Parâmetros de Controlo – CE IP	
	100	80-99	63-77	43-60	30-52	23-40	14-35	10-30	2-7	≥ 40 : Sub-Base	---
										≥ 50 : Base	

As granulometrias determinadas para as camadas granulares apresentam pouca dispersão. A curva granulométrica média insere-se nos fusos e especificações da Infraestrutura de Portugal para bases e sub-bases granulares, respetivamente. De salientar que a granulometria do “tout-venant” se enquadra nos limites do fuso.

Os valores do equivalente de areia do tout-venant estão aquém do valor preconizado pelo Caderno de Encargos da Infraestrutura de Portugal, tanto para a camada de sub-base como também para a camada de base, não satisfazendo o exigido nas especificações.

### 5.5.3 Beneficiação/Reforço do Pavimento Existente

#### 5.5.3.1 METODOLOGIA

Para se proceder à avaliação da capacidade de carga dos pavimentos existentes e, conseqüentemente, proceder-se à definição e ao dimensionamento das soluções adequadas de reabilitação, torna-se necessário dispor de um modelo de cálculo representativo do comportamento estrutural do pavimento, quando sujeito à ação dos rodados dos veículos pesados.

A definição deste modelo pressupõe, designadamente, o conhecimento da constituição da estrutura do pavimento existente, assim como dos módulos de deformabilidade das diversas camadas e da fundação.

#### 5.5.3.2 RETRO-ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDADE DO PAVIMENTO EXISTENTE

Tendo por base a informação disponível em termos da constituição dos pavimentos existentes e as deflexões medidas nos ensaios de carga, procedeu-se à atribuição dos módulos de deformabilidade às diferentes camadas do pavimento, tendo-se recorrido, para esse efeito, ao programa de cálculo automático BISAR. Trata-se de uma interpretação dos resultados dos ensaios de carga (retro-análise) que consiste, basicamente, num processo iterativo em que se procura determinar o conjunto de módulos de deformabilidade para o qual se obtém a maior aproximação possível entre a curva de deflexões medidas num ensaio de carga selecionado e a curva de deflexões calculada pelo BISAR para a estrutura considerada.

Em relação à constituição dos pavimentos existentes e, em particular, no que se refere às camadas betuminosas e material granular, foram consideradas duas situações:

1. Espessuras identificadas nas sondagens à rotação e poços localizados nos pontos do ensaio com o defletómetro de impacto (FWD) selecionados para efeitos de **retro-análise pontual**;

2. Espessura média de todas as sondagens à rotação e poços localizados nos pontos do ensaio com o defletómetro de impacto (FWD) selecionados para efeitos de **retro-análise total**;

Nos Quadros 15 e 16 indicam-se as temperaturas da superfície do pavimento medidas à superfície e os elementos obtidos nas campanhas de prospeção, e assim deduziu-se a constituição do pavimento característico de cada zona, para a situação de retro-análise pontual e total. As espessuras das camadas betuminosas foram deduzidas das sondagens à rotação “carotes” e as das camadas granulares foram deduzidas dos poços de prospeção.

QUADRO 15 – CONSTITUIÇÃO E TEMPERATURAS À SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (FWD) - PONTUAL

Sentido	Zona	km	Sondagem /Poço	Camadas Betumin. (Desg + Reg) (cm)	Camadas Betumin. (Base) (cm)	Camadas Granulares (Sub-Base + Base) (cm)	Temp. do Pavimento à Superfície (FWD) (°C)
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	42+100	SR25 / P4	---	---	(53-51)=52,0	20,0
			SR26 / P5	16,0	8,0		
	ZRG5	42+300	SR28 / P6	20,0	5,0	39,0	20,0
	ZRG6	---	SR29 / P7	---	---	43,0	---
	ZGR7	---	SR29*; P8	---	---	27,0	---
ZRG8	47+300	SR30; P9	18,0	6,0	38,0	20,8	
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	28+800	SR39; P14	16,5	10,5	46,0	20,6
	ZGR4	37+000	SR37; P13	18,0	5,5	26,0	19,7
	ZGR5	43+400	SR35; P12	(14,0-	(11,0-	(46,0-	19,3
			SR34; P11	18,5)=16,3	5,6)=8,3	35,0)=40,5	
ZGR6	47+600	SR33; P10	20,0	5,0	41,0	15,2	

\* SR29: pk 43+300 carote mais próximo desta zona.

QUADRO 16 – CONSTITUIÇÃO DO PAVIMENTO E TEMPERATURAS À SUPERFÍCIE DO PAVIMENTO (FWD) - TOTAL

Sentido	Zona	km	Sondagens / Poço	Camadas Betumin. (Desg + Reg) (cm)	Camadas Betumin. (Base) (cm)	Camadas Granulares (Sub-Base + Base) (cm)	Temp. do Pavimento à Superfície (FWD) (°C)
<b>Roncão / Grândola Norte</b>	ZRG4	26+850 ao 42+100	SR26/27/28; P4 e P5	17,3	8,8	(53+51) = 52	20,0
	ZRG5	42+100 ao 42+500	SR28 / P6	20,0	5,0	39,0	20,3
	ZRG6	42+500 ao 43+700	SR29 / P7	---	---	43,0	---
	ZRG7	43+700 ao 44+900	SR29*; P8	---	---	27,0	---
	ZRG8	44+900 ao 48+300	SR30; P8	18,0	6,0	38,0	20,4
<b>Grândola Norte / Roncão</b>	ZGR3	26+850 ao 29+200	SR39; P14	16,5	10,5	46,0	20,3
	ZGR4	29+200 ao 39+800	SR36/37/38; P13	16,8	9,0	26,0	18,9
	ZGR5	39+800 ao 45+000	SR34/35; P11/12	16,3	8,3	(46-35)=40,5	19,7
	ZGR6	45+000 ao 48+400	SR31/33; P10	15,8	10,3	41,0	16,2

Para efeitos de interpretação dos ensaios de carga aglutinaram-se numa só camada as camadas betuminosas mais superficiais, aqui designadas por camada de desgaste e regularização, e as restantes camadas betuminosas designamos por camada de base e todas as camadas granulares de sub-base e base. As zonas ZRG6 e ZRG7 apresentam a sondagem à rotação SR29. Optamos por não determinar a retro análise nestas zonas pois consideramos que o resultado da SR29 (não é representativo da constituição do pavimento) não permite observar as diferentes camadas (apenas desgaste e base).

QUADRO 17 – RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO DOS DEFLETOGRAMAS - PONTUAL

Localização			Materiais	Camadas Betuminosas		Camadas Granulares	Solo de Fundação	Camada Rígida
Sentido	Zona	km		Desg. + Reg.	Base	(Sub-Base + Base)		
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	42+100	Esp. (cm)	16,0	8,0	52,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	7000	1300	180	170	650
	ZRG5	42+300	Esp. (cm)	20,0	5,0	39,0	100	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	1400	1100	150	100	600
	ZRG8	47+300	Esp. (cm)	18,0	6,0	38,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	9900	7500	190	120	250
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	28+800	Esp. (cm)	16,5	10,5	46,0	60	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	3500	900	120	100	375
	ZGR4	37+000	Esp. (cm)	18,0	5,5	26,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	4000	2200	280	160	600
	ZGR5	43+400	Esp. (cm)	16,3	8,3	40,5	60	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	3000	700	100	85	255
	ZGR6	47+600	Esp. (cm)	20,0	5,0	41,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	7000	2500	180	105	225

Os módulos das camadas deduzidos dos ensaios de carga com defletómetro de impacto encontram-se discriminados nos Quadros 17 e 18. Nestes quadros apresentam-se os resultados da interpretação dos defletogramas, com referência à sua localização, à estrutura e composição do pavimento, aos coeficientes de Poisson e aos módulos calculados.



QUADRO 18 – RESULTADOS DA INTERPRETAÇÃO DOS DEFLETOGRAMAS - TOTAL

Localização			Materiais	Camadas Betuminosas		Camadas Granulares	Solo de Fundação	Camada Rígida
Sentido	Zona	km		Desg.+ Reg.	Base	(Sub-Base + Base)		
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	26+850 ao 42+100	Esp. (cm)	17,3	8,8	52,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	6300	1250	195	185	1000
	ZRG5	42+100 ao 42+500	Esp. (cm)	20,0	5,0	39,0	100	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	1350	1150	130	85	550
	ZRG8	44+900 ao 48+300	Esp. (cm)	18,0	6,0	38,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	9900	7500	220	120	250
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	26+850 ao 29+200	Esp. (cm)	16,5	10,5	46,0	60	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	3300	800	125	115	450
	ZGR4	29+200 ao 39+800	Esp. (cm)	18,0	5,5	26,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	3800	2100	290	180	840
	ZGR5	39+800 ao 45+000	Esp. (cm)	16,3	8,3	40,5	60	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	2500	1200	135	80	340
	ZGR6	45+000 ao 48+400	Esp. (cm)	20,0	5,0	41,0	150	---
			U	0,35	0,35	0,35	0,40	0,40
			E (MPa)	8000	3050	180	105	250

Nos quadros 19 a 20 mostram-se as diferenças entre as deflexões medidas em cada geofone e calculadas através do Programa BISAR. As listagens com interpretação dos defletogramas através do programa de cálculo BISAR são apresentadas no Anexo 1.

QUADRO 19 – RESULTADOS DAS DEFLEXÕES MEDIDAS E CALCULADAS - PONTUAL

Localização			Deflexões	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7	Df8	Df9	RMS (%)
Sentido	Zona	km											
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	42+100	Med. (µm)	274	219	176	140	84	51	32	22	17	5,2
			Cal. (µm)	295	215	173	137	86	54	35	24	17	
	ZRG5	42+300	Med. (µm)	513	298	227	174	104	53	29	18	12	3,4
			Cal. (µm)	514	306	232	175	98	55	31	18	12	
	ZRG8	47+300	Med. (µm)	253	215	190	166	126	91	67	51	40	2,5
			Cal. (µm)	259	214	190	166	125	94	70	53	41	
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	28+800	Med. (µm)	407	292	236	188	110	60	33	27	21	6,5
			Cal. (µm)	415	287	227	177	106	63	39	26	20	
	ZGR4	37+000	Med. (µm)	293	197	154	122	76	50	32	22	16	4,2
			Cal. (µm)	295	203	162	129	81	51	33	22	15	
	ZGR5	43+400	Med. (µm)	523	372	292	229	110	77	53	38	29	6,4
			Cal. (µm)	536	372	292	226	134	81	52	37	29	
	ZGR6	47+600	Med. (µm)	319	258	223	197	142	108	80	59	45	2,0
			Cal. (µm)	319	257	223	193	142	104	77	58	45	

NOTA: Med. – Medida; Cal – Calculada

Pela análise dos Quadros 17 e 18 permitem constatar a ocorrência de valores de módulos relativamente baixos para as camadas granulares, entre 100 e 290 MPa com um valor médio resultante dos valores determinados de **177 MPa**. O valor médio da espessura das camadas granulares com valores de espessura que varia entre 26 a 52 cm e o valor médio é de 40,4 cm. Admitiu-se para efeitos de cálculo do pavimento a espessura de 40 cm e um módulo de **170 MPa**.

No que se refere às camadas betuminosas são referenciados valores baixos, relativamente ao expectável para estes materiais.

Os módulos do solo de fundação variam entre 80 MPa e 185 MPa com um valor médio resultante dos valores mais baixos de 82,5 MPa. Admitiu-se para efeitos de cálculo do pavimento um módulo de **80 MPa**.

Por sua vez, os valores dos módulos obtidos para os diferentes materiais de pavimentação e fundação do pavimento estão conforme a natureza dos materiais, tendo em atenção o “tempo de vida” dos mesmos, os resultados da inspeção visual e dos ensaios de campo e de laboratório.

Quadro 20 – Resultados das deflexões medidas e calculadas - Total

Localização			Deflexões	Df1	Df2	Df3	Df4	Df5	Df6	Df7	Df8	Df9	RMS (%)
Sentido	Zona	km											
<b>Roncão / Grândola Norte</b>	ZRG4	26+850	Med. (µm)	270	195	153	120	72	41	24	16	12	6,0
		ao 42+100	Cal. (µm)	263	187	150	119	73	44	27	17	11	
	ZRG5	42+100	Med. (µm)	587	338	259	200	122	63	35	21	14	4,0
		ao 42+500	Cal. (µm)	563	345	264	201	114	64	36	21	13	
	ZRG8	44+900	Med. (µm)	249	204	180	158	121	90	67	52	41	2,4
		ao 48+300	Cal. (µm)	252	209	185	162	123	92	70	53	41	
<b>Roncão / Relvas Verdes</b>	ZGR3	26+850	Med. (µm)	413	276	211	163	94	52	30	21	16	2,5
		ao 29+200	Cal. (µm)	406	272	210	160	92	53	32	21	16	
	ZGR4	29+200	Med. (µm)	282	190	146	110	63	38	23	15	11	5,0
		ao 39+800	Cal. (µm)	280	185	146	113	68	41	25	16	11	
	ZGR5	39+800	Med. (µm)	469	318	242	189	102	62	42	29	21	4,7
		ao 45+000	Cal. (µm)	470	315	247	191	114	68	42	29	21	
	ZGR6	45+000	Med. (µm)	298	239	204	179	130	100	75	56	42	2,4
		ao 48+400	Cal. (µm)	298	243	213	184	136	100	74	55	42	

NOTA: Med. – Medida; Cal - Calculada

Para efeito da análise estrutural do pavimento beneficiado/reforçado optou-se por considerar os valores médios mais baixos dos módulos determinados em cada uma das zonas.

Uma vez que os ensaios de carga foram realizados com o pavimento a uma temperatura distinta das temperaturas de cálculo referidas anteriormente, procedeu-se à correção dos módulos de rigidez estimados através do BISAR para as camadas betuminosas, de forma a obterem-se valores correspondentes às temperaturas utilizados no dimensionamento de pavimento novo.

Nesse sentido, recorreu-se à expressão proposta por Ullidtz e Peattie, a qual toma como referência o valor do módulo de rigidez de uma mistura betuminosa a 15°C, relacionando-o com o módulo a uma temperatura T (°C):

$$E_T/E_{15^\circ\text{C}} = 1 - 1,384 \log_{10}(T/15^\circ\text{C})$$

sendo:

$E_T$  – Módulo de deformabilidade da camada betuminosa para a temperatura T;

$E_{15^\circ\text{C}}$  – Módulo de deformabilidade da camada betuminosa para a temperatura de 15°C;

T – Temperatura do pavimento na altura de realização dos ensaios ou a temperatura de projecto.

Apresenta-se nos Quadro 21 e 22 uma síntese dos resultados do processo de análise acima referido, com referência aos módulos de deformabilidade às temperaturas de serviço.

QUADRO 21 – MÓDULOS DE RIGIDEZ DAS MISTURAS BETUMINOSAS DO PAVIMENTO  
EXISTENTE À TEMPERATURA DE SERVIÇO - PONTUAL

Localização			Camadas Betuminosas	Temperatura Pavimento		Módulos de Rigidez	
Sentido	Zona	km		T <sub>ensaios</sub> (°C)	T <sub>serviço</sub> (°C)	E <sub>t15°C</sub> (MPa)	E <sub>ts</sub> (MPa)
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	42+100	Desg+Reg	20,0	27,5	8463	5380
			Base		26,1	1572	1049
	ZRG5	42+300	Desg+Reg	20,0	27,2	1693	1087
			Base		26,0	1330	890
	ZRG8	47+300	Desg+Reg	20,8	27,4	12321	7859
			Base		26,0	9334	6248
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	28+800	Desg+Reg	20,6	27,5	4325	2749
			Base		26,0	1112	744
	ZGR4	37+000	Desg+Reg	19,7	27,4	4784	3051
			Base		26,1	2631	1755
	ZGR5	43+400	Desg+Reg	19,3	27,5	3536	2248
			Base		26,1	825	<b>550</b>
	ZGR6	47+600	Desg+Reg	15,2	27,2	7056	4532
			Base		26,0	2520	1687

QUADRO 22 – MÓDULOS DE RIGIDEZ DAS MISTURAS BETUMINOSAS DO PAVIMENTO  
EXISTENTE À TEMPERATURA DE SERVIÇO - TOTAL

Localização			Camadas Betuminosas	Temperatura Pavimento		Módulos de Rigidez	
Sentido	Zona	km		T <sub>ensaio</sub> (°C)	T <sub>serviço</sub> (°C)	E <sub>t15°C</sub> (MPa)	E <sub>ts</sub> (MPa)
Roncão / Grândola Norte	ZRG4	26+850	Desg+Reg	20,0	27,4	7617	4859
		ao 42+100	Base		26,0	1511	1012
	ZRG5	42+100	Desg+Reg	20,3	27,2	1650	1060
		ao 42+500	Base		26,0	1406	941
	ZRG8	44+900	Desg+Reg	20,4	27,4	12145	7747
		ao 48+300	Base		26,0	9200	6159
Grândola Norte / Roncão	ZGR3	26+850	Desg+Reg	20,3	27,5	4034	2564
		ao 29+200	Base		26,0	978	<b>655</b>
	ZGR4	29+200	Desg+Reg	18,9	27,5	4413	2805
		ao 39+800	Base		26,0	2439	1632
	ZGR5	39+800	Desg+Reg	19,7	27,5	2990	1901
		ao 45+000	Base		26,1	1435	957
	ZGR6	45+000	Desg+Reg	16,2	27,5	8388	5332
		ao 48+400	Base		26,0	3198	2141

Para efeitos de dimensionamento, seguiu-se um critério conservativo tendo-se atribuído às camadas betuminosas existentes um valor de módulo de rigidez de **600 MPa** e optou-se por considerar uma espessura única de **0,08 m**. A espessura da camada resulta do valor médio das espessuras da totalidade das camadas betuminosas que é de 0,257 m subtraindo a fresagem de 0,168 m que resulta do somatório das espessuras médias das camadas de desgaste e de regularização o que fica no final uma camada de base com 0,089 m. Em fase de execução a fresagem será arredondada à unidade, ou seja, uma espessura de 0,17 m.

Na avaliação da capacidade resistente do pavimento foi considerada uma vida útil de 20 anos, considerando o ano de 2023 como ano de entrada ao serviço dos pavimentos do lanço.

No quadro 23 que se apresenta de seguida incluíram-se os resultados obtidos na aplicação da metodologia de cálculo adotada.

Tendo em conta a influência das condições climáticas durante a fase de construção, admitiram-se, para efeitos de dimensionamento da solução de pavimentação proposta, as características de deformabilidade indicada no

QUADRO 23 – CARACTERÍSTICAS DAS MISTURAS BETUMINOSAS

Parâmetros	Plena Via			
	Camada de Desgaste (SMA 11Surf PMB45/80-65)	Betão Betuminoso de Ligação (AC14bin35/50 (BB))	Macadame de Base (AC20 base35/50 (MB))	Betuminoso Existente
$E_{betume}$	12,06	24,63	27,37	---
$IP$	-0,295	-0,225	-0,225	
$n$	2,922	2,665	2,627	
$C_v$	0,87	0,87	0,87	
$E_{mistura}$	<b>2900 = (-10%) 2610 MPa</b>	<b>4500 MPa</b>	<b>4900 MPa</b>	<b>600 MPa</b>

#### 5.5.4 Verificação estrutural

##### 5.5.4.1 FADIGA DAS CAMADAS BETUMINOSAS

Neste caso, o critério adotado traduz-se na limitação da extensão máxima de tração no limite inferior das camadas betuminosas, o que visa impedir a rotura por fadiga em tração daquelas camadas durante o período de dimensionamento. Para este efeito, considerou-se a lei de fadiga proposta pela SHELL:

$$\varepsilon_t = (0.856 \times V_b + 1.08) \times E^{-0.36} \times N^{-0.20}$$

sendo, N o número acumulado de passagens do eixo padrão durante a vida útil do pavimento, e  $V_b$  e, respetivamente, a percentagem volumétrica de betume e o módulo de deformabilidade da camada betuminosa inferior.

##### 5.5.4.2 DEFORMAÇÕES PERMANENTES DA FUNDAÇÃO

Com base no critério proposto pela SHELL, impõe-se a limitação da extensão vertical de compressão no topo da fundação do pavimento, com vista a reduzir a sua contribuição para a ocorrência de deformações permanentes e a conseqüente formação de cavados de rodeira. O valor limite da extensão de compressão é determinado da seguinte forma:

$$\varepsilon_c = 1.8 \times 10^{-2} \times N^{-0.25}$$

em que, N é o número acumulado de passagens do eixo padrão durante o período de vida útil do projeto. O critério considerado admite uma probabilidade de ruína, antes do final do período de vida útil, por deformação permanente da fundação de 5%.

### 5.5.4.3 VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA

Tendo em conta as propriedades mecânicas dos materiais cuja utilização se preconiza na execução das camadas constituintes da estrutura de pavimento projetada, determinaram-se, recorrendo ao programa de cálculo **BISAR3.0**, os valores que ocorrem quando a mesma é solicitada pela ação de um eixo padrão de 130kN, designadamente as extensões máximas de tração na base das camadas betuminosas ( $\epsilon_{t,máx}$ ) e as extensões máximas de compressão no topo da fundação ( $\epsilon_{c,máx}$ ).

Após a análise de diversos modelos estruturais, selecionou-se a seguinte estrutura para dimensionamento do pavimento.

#### Plena via (Reforço)

- Camada Desgaste em SMA11 Surf PMB45/80-65, com espessura de 0,05 m;
- Camada de Ligação em Betão Betuminoso – AC14 bin 35/50 (BB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,06 m;
- Camada de Base em Mistura betuminosa Existente, com espessura de 0,08 m;
- Camada de base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,30 m de espessura;

A partir dos valores das extensões máximas, e com base nos critérios de dimensionamento enunciados, foi possível determinar, para efeitos de verificação da capacidade de carga, os números acumulados de eixos padrão admissíveis, ou seja, que a estrutura permite suportar antes de ocorrer a rotura por fadiga das camadas betuminosas ( $NAEP_{bet,adm}$ ) ou por deformação permanente da fundação ( $NAEP_{fund,adm}$ ).

Desta forma, é possível efetuar uma análise comparativa entre o volume acumulado de tráfego previsto para o período de vida útil de projeto ( $NAEP_{dim}$ ), e os valores admissíveis determinados pelas leis de fadiga.

No quadro seguinte indica-se os resultados obtidos para a estrutura que foi dimensionada com base nesta metodologia:

QUADRO 24 – VALORES ADMISSÍVEIS

Pavimentos	NAEP <sub>dim</sub> [2023 -2043]	DEFORMAÇÕES / ACÇÕES ADMISSÍVEIS				COEFICIENTE DE UTILIZAÇÃO NO FINAL DO PERÍODO DE 20 ANOS	
		$e_t \times 10^{-6}$	NAEP <sub>t</sub>	$e_c \times 10^{-6}$	NAEP <sub>c</sub>	Fadiga	Compressão
Plena Via (Reforço)	3,84E+06	227,4	1,88 E+07	340,6	7,80+06	20%	49%

Pela análise comparativa dos resultados obtidos, constata-se que os números acumulados de eixos padrão de 130kN determinados, com base na aplicação das leis de fadiga, a partir das extensões máximas admissíveis induzidas pela passagem de um eixo padrão de 130kN, são superiores ao valor de tráfego, expresso no

mesmo tipo de eixos padrão, que se admitiu poder vir a solicitar, ao longo do período de vida útil de 20 anos, o pavimento em projeto.

Deste modo, pode concluir-se que as soluções de pavimentação projetadas, no cenário admitido em termos das condições de fundação e das características mecânicas dos materiais a empregar, é compatível com as condições de utilização (tráfego) expectáveis, durante a vida de projeto, segundo os critérios de dimensionamento adotados.

## **5.6 Pavimentação**

Tendo em consideração as patologias existentes e o tipo de intervenção pretendida, verifica-se que a reabilitação a realizar ao pavimento existente é essencialmente do tipo estrutural na secção corrente e nos ramos de acesso à plena via, e as soluções propostas pretendem alcançar esse objetivo através da correção das patologias existentes, mantendo as cotas atuais de pavimento na via de exterior à via nova e corrigindo as cotas da espinha atualmente existente na via interior. Por outro lado, pretende-se construir uma via totalmente nova.

Assim, a partir da caracterização da situação existente ao nível de regularidade do pavimento e considerando existe uma falta de capacidade de carga do pavimento, preconiza-se a melhoria das características superficiais e estruturais do pavimento através de fresagem variável e reposição em misturas betuminosas.

Deste modo, as profundidades de fresagem serão definidas em função das espessuras aconselháveis de aplicação das misturas betuminosas propostas e da informação recolhida nas sondagens à rotação, nomeadamente no que se refere às suas espessuras, profundidade de fissuração e descolagem.

Atendendo ao objetivo central deste trabalho que é a recuperação estrutural do pavimento, propõe-se que a intervenção tenha por base a execução das soluções de beneficiação que se apresentam seguidamente:

### **a) Plena Via – Sentido Grândola/Roncão (excluindo as Obras de Arte)**

#### **Entre o pk 26+850 e o pk 48+304**

Fresagem de 15 cm em toda a largura (VD+Berma);

Na via direita – enchimento com:

- Camada de Ligação em Betão Betuminoso – AC14 bin 35/50 (BB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,06 m;

Na via esquerda – enchimento com:

- Camada de Ligação em Betão Betuminoso – AC14 bin 35/50 (BB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,06 m;
- Enchimento em macadame betuminoso (AC20 bin 35/50), com espessura variável;



Enchimento de 5 cm com SMA11 (SMA11surf PMB45/80-65) em toda a largura (VD+VE+Berma).

**b) Plena Via – Obras de Arte (reforço)**

Fresagem de 5 cm em toda a largura (VD+VE+Berma);

Enchimento de 5 cm com SMA11 (SMA11 surf PMB45/80-65) em toda a largura (VD+VE+Berma).

**c) Plena Via – Obras de Arte (pavimento novo)**

Camada de regularização de 3 cm com Betão Betuminoso Subjacente à camada de desgaste (BB): AC10 reg/bin 35/50 em toda a largura (VD+VE+Berma).

Camada de desgaste de 5 cm com SMA11 (SMA11 surf PMB45/80-65) em toda a largura (VD+VE+Berma).

As Passagens Agrícolas (PA) deverão ter a mesma estrutura de pavimento da plena via, uma vez que existe recobrimento entre o tabuleiro a estrutura e rasante.

**d) Plena Via – Pavimentação das bermas**

A berma esquerda, dada a sua reduzida largura, deverá ter a mesma estrutura do pavimento da plena via. No que diz respeito à berma direita, esta foi preconizada a seguinte estrutura do pavimento:

- Largura até 1,5 m: a mesma estrutura do pavimento da plena via;
- Largura superior a 1,5 m: com uma camada de desgaste em SMA 11 com 5 cm de espessura e enchimento com material resultante da mistura de material granular e material reciclado na espessura equivalente à estrutura do pavimento executada, nas camadas betuminosas subjacentes à camada de desgaste.

em que:

F – Fresagem das misturas betuminosas com uma profundidade de x cm;

SMA – Stone Mastique Asphalt;

BB – Betão Betuminoso de desgaste;

MB – Macadame Betuminoso.

As misturas betuminosas a empregar nas soluções de beneficiação do pavimento definidas anteriormente são:

Stone Mastique Asphalt: SMA 11 Surf PMB45/80-65;

Betão Betuminoso de desgaste (BB): AC14Surf35/50;

Betão Betuminoso de ligação (BB): AC14bin35/50;

Betão Betuminoso de regularização (BB): AC10reg/bin35/50;

Macadame Betuminoso de ligação (MB): AC20 base/bin 35/50.

Na estrutura de pavimento de reforço e novo propomos que a camada de desgaste a ser executada seja em SMA11SurfPMB45/80-65.

O material resultante da fresagem de pavimento existente deve ser incorporado nas misturas betuminosas subjacentes à camada de desgaste em macadame betuminoso. A taxa de incorporação de material fresado deve cumprir o estabelecido no caderno de encargos da Infraestruturas de Portugal, o Decreto Lei n.º 102-D/2020, o documento LNEC 472, em vigor, e ainda, deve incorporar 30% de mistura betuminosa recuperada (MBR “fresado”) e adicionar obrigatoriamente agentes rejuvenescedores e não amolecedores, cujo as suas características/propriedades terão de ser aprovadas pela fiscalização.

### 5.6.1 Ações Complementares

Poderá ser ainda considerado o aprofundamento da fresagem em locais em que se detete, após a realização da fresagem prevista, persistência de fissuras nas camadas subjacentes. Nestes casos poderá haver a necessidade da fresagem total das camadas betuminosas (ruína do pavimento) e está contemplada nas medições gerais do pavimento e representa 5% da totalidade do pavimento de reforço. Contudo, se a abertura da fenda for inferior a 1,5 mm, far-se-á a selagem com produto selante.

Prevê-se ainda a realização das seguintes ações:

- Desmontagem e posterior montagem de elementos de guardas de segurança flexível (vigas, amortecedores e saias de proteção para motociclistas, quando existam) necessária à execução dos trabalhos de pavimentação;
- Remoção e reposição de tampas e eventual reparação de gola e aro de caixa de visita da rede de telecomunicações após fresagem do pavimento;

Limpeza dos órgãos de drenagem do separador central e das bermas direitas, após a realização dos trabalhos de pavimentação, para remoção dos resíduos de materiais betuminosos sobrantes.

### 5.6.2 Selagem de Juntas ou Fissuras

Nos locais onde se verifique a existência de juntas ou fissuras, estas deverão ser seladas com produto selante do tipo “Lusofissure”, devendo neste caso ser previamente submetida à aprovação da Fiscalização. Esta ação deverá anteceder a aplicação das camadas sobrejacentes de beneficiação e melhoria das características superficiais do pavimento. A aplicação do produto selante deverá ser precedida de uma limpeza com jacto de ar comprimido e aquecimento da zona a tratar de acordo com o especificado nas Cláusulas Técnicas Especiais.

### 5.6.3 Trabalhos preparatórios

A observação do estado da superfície do pavimento teve como objetivo não só a inventariação e análise das degradações existentes e a orientação da campanha de sondagens, mas também a definição das medidas de beneficiação a ter em conta antes da colocação do reforço.

Assim, antes da colocação do reforço, torna-se necessário que algumas zonas sejam submetidas aos seguintes tipos de tratamento, designados por trabalhos de reabilitação preparatórios:

1 - Saneamentos localizados, que terão de ser realizados nas zonas onde se detetaram assentamentos acentuados do pavimento.

2 – Quando o traçado se desenvolve em reta, haverá necessidade de corrigir a sobrelevação antes de se colocar as camadas de reforço. A referida correção será efetuada recorrendo ao enchimento de macadame betuminoso (AC 20 reg 35/50 (MB)) de espessura variável até à cota pretendida. As zonas onde a espessura de regularização é diminuta (<5 cm) serão fresadas até a profundidade necessária para garantir a espessura mínima de compactação do macadame betuminoso. Esta camada não foi considerada no cálculo de reforço estrutural uma vez que, para além de ter uma espessura variável, a necessidade da sua aplicação só se verifica em determinados trechos.

3 – Quando o traçado se desenvolve em curva com sobrelevação inferior aos valores atualmente em vigor deverá também haver correção da mesma feita com enchimento, com colocação de macadame betuminoso.

## 6 PAVIMENTOS PROPOSTOS

### 6.1 Considerações Gerais

Com base nos pressupostos acima descritos apresenta-se de seguida as estruturas de pavimento propostas para a intervenção, quer para a secção corrente, quer para os nós e os restabelecimentos:

Entre o pk 26+850 e o pk 27+290, o traçado é coincidente com o trecho 1, aproveitando-se assim o pavimento existente.

### 6.2 Pavimento de Reforço

#### 6.2.1 Secção Corrente - Sentido Grândola / Roncão (excluindo as Obras de Arte)

Entre o pk 27+290 e o pk 48+304

Fresagem de 15 cm em toda a largura da plataforma existente até à berma;

Enchimento na via direita:

- Camada Desgaste em SMA11 Surf PMB45/80-65, com espessura de 0,05 m;
- Camada de Ligação em Betão Betuminoso – AC14 bin 35/50 (BB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,06 m;

Enchimento na via esquerda:

- Camada Desgaste em SMA11 Surf PMB45/80-65, com espessura de 0,05 m;
- Camada de Ligação em Betão Betuminoso – AC14 bin 35/50 (BB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,06 m;
- Enchimento em macadame betuminoso (AC20 bin 35/50), com espessura variável;

Nas camadas betuminosas subjacentes à camada de desgaste deve ser incorporado 30% de mistura betuminosa recuperada (MBR “fresado”) e adicionar obrigatoriamente agentes rejuvenescedores e não amolecedores.

Está previsto no pavimento de reforço, sempre que necessário, o enchimento em macadame betuminoso AC20 bin 35/50, com uma espessura variável. Para a execução deste enchimento, com altura máxima de 0.34 m, prevê-se a elaboração de camadas com espessura máxima de 0.09 m. Nas medições gerais deste trabalho majorou-se a quantidade em cerca de 5% para melhor aferição com base em levantamento topográfico in situ durante a execução da obra.

### **6.2.2 Secção Corrente - Obras de Arte (reforço)**

Fresagem de 5 cm em toda a largura (VD+VE+Bermas);

- Enchimento com SMA11 (SMA11 surf PMB45/80-65) em toda a largura (VD+VE+Bermas)., com uma espessura de 0,05 m.

## **6.3 Pavimento Novo**

### **6.3.1 Secção Corrente (Excluindo Obra de Arte)**

- Camada Desgaste em SMA11 Surf PMB45/80-65, com espessura de 0,05 m;
- Camada de Ligação em Macadame Betuminoso – AC20 bin 35/50 (MB), com espessura de 0,09 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,09 m;
- Camada de base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Sub-base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Fundação, em leito de pavimento Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,15m de espessura.

Nas camadas betuminosas subjacentes à camada de desgaste deve ser incorporado 30% de mistura betuminosa recuperada (MBR “fresado”) e adicionar obrigatoriamente agentes rejuvenescedores e não amolecedores.

Numa extensão de 500 m, entre o pk 32+400 e o pk 32+900, ou outro local a definir pela fiscalização, será realizado um trecho experimental de mistura de agregado natural com agregado reciclado, nas camadas de sub-base e base, em que haverá uma avaliação de desempenho, através de ensaios com defletómetro de impacto (FWD), que foram executados nos dois sentidos com espaçamento entre pontos ensaiados de 100m, com medição dos cavados de rodeira (incluindo a execução dos ensaios de acordo com o Caderno de Encargos e a respetiva interpretação com posterior definição das zonas homogéneas e determinação da deformada característica).

### 6.3.2 Secção Corrente (Obra de Arte)

- Camada Desgaste em SMA11 Surf PMB45/80-65, com espessura de 0,05 m;
- Camada de Regularização em Betão Betuminoso – AC10 reg/bin 35/50 (BB) com espessura de 0,03 m;

### 6.3.3 Secção Corrente - Pavimentação das bermas

A berma esquerda, dada a sua reduzida largura, deverá ter a mesma estrutura do pavimento da plena via. No que diz respeito à berma direita, e dado que tem uma largura superior e 1.5 m, foi preconizada com uma camada de desgaste em SMA 11 com 5 cm de espessura e enchimento com material resultante da mistura de material granular e material reciclado na espessura equivalente à estrutura do pavimento executada, nas camadas betuminosas subjacentes à camada de desgaste. Camada de base e sub-base, em ABGE.

### 6.3.4 Nós - Roncão, Melides e EN261-1 (excluindo obras de arte)

- Camada Desgaste em Betão Betuminoso – AC14 Surf 35/50 (BB), com espessura de 0,04 m;
- Camada de Base em Macadame Betuminoso – AC20 base 35/50 (MB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Sub-base em Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,20m de espessura;
- Camada de Fundação, em leito de pavimento Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,15m de espessura.

Nas camadas betuminosas subjacentes à camada de desgaste deve ser incorporado 30% de mistura betuminosa recuperada (MBR “fresado”) e adicionar obrigatoriamente agentes rejuvenescedores e não amolecedores.

### 6.3.5 Nós - Roncão, Melides e EN261-1 (obras de arte)

- Camada Desgaste em Betão Betuminoso – AC14 Surf 35/50 (BB), com espessura de 0,04 m;
- Camada de Regularização em Betão Betuminoso – AC14 reg/bin 35/50 (BB), com espessura de 0,04 m;

### 6.3.6 Restabelecimentos e Serventias Rurais

A estrutura dos pavimentos dos restabelecimentos foi estabelecida, uma vez que não existe estudo de tráfego, com base na experiência adquirida na elaboração de projetos de natureza semelhante para o tipo de estradas e caminhos em questão. A seguir apresenta-se a estrutura de pavimento preconizado para cada tipo de restabelecimento.

#### **Serventias Rurais (Excluindo obra de arte)**

- Camada Desgaste em Betão Betuminoso – AC14 Surf 35/50 (BB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de base em Agregados Reciclados com 0,15m de espessura;
- Camada de sub-base em Agregado Reciclados com 0,15m de espessura;
- Camada de Fundação, em leito de pavimento Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,15m de espessura.

Nos nós do Roncão e com a EN261-1 e no nó de Melides, nas ligações, junto às rotundas 2 e à rotunda 1, respetivamente, em zona de mudança de ambiente rodoviário, de modo a existir uma evidente distinção entre a ligação e os restantes ramos de acesso à rotunda adotou-se em 5 m o pavimento em blocos de betão, sendo a proposta para esta estrutura de pavimento a que se descreve a seguir:

- Camada Desgaste em blocos de betão de 0.10x0.20 m, com espessura de 0,06 m;
- Camada de base em betão C16/20 reforçada com rede eletrossoldada (Malhasol CQ30), com 0,15m de espessura;
- Camada de sub-base em Agregado Reciclados com 0,15m de espessura;
- Camada de Fundação, em leito de pavimento Agregado Britado de Granulometria Extensa com 0,15m de espessura.

#### **Serventias Rurais (Zona obra de arte)**

- Camada Desgaste em Betão Betuminoso – AC14 Surf 35/50 (BB), com espessura de 0,05 m;
- Camada de Regularização em Betão Betuminoso – AC10 Reg/bin 35/50 (BB), com espessura de 0,03 m;

### 6.3.7 Caminhos Paralelos

- Camada Desgaste em Betão Betuminoso – AC14 Surf 35/50 (BB), com espessura de 0,04 m;
- Camada de base em Agregados Reciclados com 0,15m de espessura;

Neste trecho está previsto repavimentar caminhos paralelos por forma a melhorar as condições dos existentes, conforme indicação do dono de obra. Na planta geral de pavimentação estão identificados como pavimento do Tipo 9 – Caminhos Paralelos – Repavimentação. No mapa de quantidades, no capítulo de pavimentação, estão medidas as áreas a pavimentar correspondentes aos mesmos.

### 6.3.8 Regas Betuminosas

De forma a garantir uma ligação eficiente entre as diferentes camadas, torna-se necessário a aplicação de:

- Entre camadas betuminosas – rega de colagem com emulsão betuminosa do tipo “termo aderente” modificada com polímeros (C60 BP3 TA) aplicada à taxa de espalhamento de betume residual de 0,5 kg/m<sup>2</sup> de forma a conferir um elevado poder de adesão;
- Entre uma camada betuminosa e uma camada de agregado granular britado de granulometria extensa – rega de impregnação com emulsão betuminosa C60 BF 4 aplicada à taxa de espalhamento de betume residual de 1,0 kg /m<sup>2</sup>.

Na interface entre as camadas constituídas por misturas betuminosas, não fresadas (camadas novas), proceder-se-á à execução de uma rega de colagem em emulsão betuminosa do tipo “termo aderente” modificada com polímeros (C60BP3 TA), a uma taxa de aplicação de 0,35 kg/m<sup>2</sup>.

Em zonas fresadas, será aplicada uma rega de colagem semelhante à referida anteriormente, no entanto com uma taxa de aplicação de 0,45 kg/m<sup>2</sup>.

A sua execução deverá ser realizada em conformidade com as cláusulas do caderno de encargos da Infraestruturas de Portugal e deve obedecer à norma EN13808:2013.

## 7 REMOÇÃO DE PAVIMENTO

No presente projeto foi considerada a remoção de pavimentos existentes, nomeadamente pavimentos betuminosos, incluindo os lancis dos ilhéus, nas seguintes zonas:


- Nó do Roncão, ramos e restabelecimento em toda a zona de intervenção, espessura média 12cm;
- Nó de Melides, ramos e restabelecimento em toda a zona de intervenção, espessura média 12cm;
- Nó com a EN261-1, ramos e restabelecimento em toda a zona de intervenção, espessura média 12cm;
- Na plena via entre o pk 32+375 ao 34+075 e pk 41+950 ao 42+850 (aproximadamente) onde propomos pavimento novo, devido à rasante estar acima do atual do IP8;

Estes trabalhos deverão ser executados de acordo com o definido no Caderno de Encargos, no sentido de acautelar/preservar eventuais infraestruturas existentes. Nas peças desenhadas que fazem parte deste projeto está representada as áreas de pavimentos que se consideram a remover

## **8 CADERNO DE ENCARGOS**

O caderno de encargos aplicável é o Caderno Tipo de Obra da IP-INFRAESTRUTURAS de Portugal S.A. nas rúbricas que lhe são aplicáveis.

<https://servicos.infraestruturasdeportugal.pt/pt-pt/parceiros/fornecedores/gestao-de-contratos-de-empregada/fornecedores-documentacao-ips>

 *José Feiteira Doutor em Engenharia Civil*  
*Engimind – Consultores de Engenharia e Planeamento Lda*