



P3 – PAVIMENTAÇÃO
PROJETO DE EXECUÇÃO

EN103 – VINHAIS / BRAGANÇA,
CONSTRUÇÃO DE VARIANTES

VARIANTE VILA VERDE

MEMÓRIA DESCRITIVA | CONDIÇÕES TÉCNICAS
ESPECIAIS

Setembro 2024

Memória descritiva e justificativa

**EN103 – VINHAIS / BRAGANÇA, CONSTRUÇÃO DE VARIANTES
VARIANTE VILA VERDE**

PROJETO DE EXECUÇÃO

P3 - PAVIMENTAÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	4
1.1 - Traçado.....	5
1.2 - Metodologia.....	6
1.3 - Condições climáticas.....	8
2 – TRÁFEGO	9
3 – CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO	11
4 – SOLUÇÕES DE PAVIMENTAÇÃO	12
4.1 - Secção Corrente	12
4.2 - Restabelecimentos e serventias	16
4.3 - Materiais.....	17
4.3.1 - Camadas granulares	17
4.3.2 - Regas Betuminosas	17
4.3.3 - Misturas Betuminosas	18
4.3.3.1 - Camada de desgaste - SMA 11 surf PMB 45/80-65	18
4.3.3.2 - Camada de ligação – AC 20 bin 35/50 (MB).....	18
4.3.4 - Grelha de Fibra de Vidro	19
4.4 - Verificação estrutural das soluções de pavimentação	20
4.4.1 - Critérios de ruína	20
4.4.2 - Características mecânicas dos materiais de pavimentação.....	21
4.4.2.1 - Camadas granulares.....	21

4.4.2.2 - Camadas betuminosas novas	22
4.4.3 - Resultados do dimensionamento	25
5 – FASEAMENTO CONSTRUTIVO	26
5.1 - Secção corrente.....	26
5.2 - Zonas de Viaduto.....	27

ANEXOS

Anexo 01	Verificação estrutural do pavimento – Resultados Alize-Lcpc
-----------------	---

REGISTO DE ALTERAÇÕES

Rev.	Data	Autor	Secção afetada	Alterações
A	2024/05/19	Ricardo Moreira	-	Versão inicial
B	2024/09/20	Ricardo Moreira	Revisão geral	Revisão decorrente do parecer da IP de 2024/07/24

**EN103 – VINHAIS / BRAGANÇA, CONSTRUÇÃO DE VARIANTES
VARIANTE VILA VERDE**

PROJETO DE EXECUÇÃO

P3 - PAVIMENTAÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1 – Introdução

Refere-se a presente memória descritiva ao **Volume P3 – Pavimentação** do Projeto de Execução da “**EN103 – Vinhais / Bragança, Construção de Variantes – Variante Vila Verde**”, promovido pela IP – Infraestruturas de Portugal, SA, tendo como objetivo apresentar e justificar os trabalhos de pavimentação a desenvolver na construção da designada Variante de Vila Verde.

A presente fase do estudo é desenvolvida na sequência da aprovação da IP ao Projeto Base apresentado anteriormente, e que teve como objetivo a definição das características geométricas do traçado da Variante de Vila Verde desenvolvido sobre o corredor aprovado em sede de procedimento de Avaliação de Impacte Ambiental.

O Projeto Base, desenvolvido sobre a cartografia à escala 1:1.000, teve como objetivo o levantamento, identificação e descrição dos problemas detetados ou não no estudo prévio, de modo a antecipar a análise e estudo aprofundados das soluções adequadas a implementar, para cada um deles, na fase de projeto de execução.

O Projeto de Execução agora apresentado corresponde ao desenvolvimento das soluções apresentadas em fase de Projeto Base, tendo como base os elementos relativos à procura e projeção de tráfego expetável disponibilizados pela IP, nomeadamente a sua evolução durante um período de dimensionamento de 20 anos, e as considerações efetuadas no Estudo Geológico e Geotécnico.

1.1 - Traçado

O lanço em estudo, com uma extensão total de 3,95Km, tem início a Nascente de Vinhais, aproximadamente ao Km 236+665 da EN103 e permite evitar uma zona sinuosa do atual traçado da EN103 junto à localidade de Vila Verde, inserindo-se de novo na EN103 ao Km 245+300.

O traçado atravessa dois vales cavados prevendo-se a construção de dois viadutos com comprimentos muito significativos:

- Viaduto 1 sobre o Regato do Vale de Cabrões com uma extensão de 600,00m;
- Viaduto 2 sobre o Rio Tuela com uma extensão de 1000,00m.

O traçado da variante desenvolve-se numa zona em que o relevo se apresenta muito acidentado. Tendo em vista a obtenção de um traçado globalmente homogéneo e integrado na orografia da região adotaram-se características em planta e em perfil longitudinal que se enquadram dentro dos valores de referência da Norma de Traçado da IP para velocidades de base de 60 km/h. Para esta velocidade de projeto, os valores dos raios mínimos em planta apontados são de 250 m para o raio mínimo normal e de 130 m para o raio mínimo absoluto. Estes valores foram respeitados para todo o traçado estudado.

Em termos de perfil longitudinal, a pendente máxima dos trainéis apontada na Norma deverá ser de 7%, admitindo-se o seu incremento até 7,8%, em trechos de orografia difícil que corresponde ao caso em estudo.

No que diz respeito às ligações à rede viária existente, dada a classificação da EN103, no âmbito do PRN2000, como outra estrada e dados os reduzidos volumes de tráfego previstos no Estudo de Tráfego para as vias secundárias que interseitam a estrada, terão a classificação

de estrada municipal, ou de caminho municipal e foram previstas todas como ligações de nível, através de cruzamentos ou entroncamentos.

O perfil transversal-tipo adotado para a secção corrente da variante compreende:

- Uma faixa de rodagem bidirecional com 1x2 vias de 3,50 m de largura, perfazendo uma largura total de 7,0 m;
- Bermas pavimentadas de ambos os lados, com 1,0 m de largura;
- Concordâncias arrelvadas das bermas com os taludes de aterro, com 0,75 m de largura
- Valetas reduzidas de betão com 1,20 m de largura mínima e 0,20 m de profundidade, com concordância de 1,0 m com o talude de escavação.

Correspondendo assim a uma largura de plataforma medida entre limites exteriores das bermas pavimentadas de 9,0 m.

O traçado contempla dois troços com via adicional para veículos lentos, um no sentido Vinhais-Bragança e outro no sentido inverso (Bragança-Vinhais). O perfil transversal-tipo nas zonas de introdução de vias de lentos apresenta uma via adicional com 3,50 m de largura, podendo esta situação ocorrer nos dois sentidos em simultâneo.

Na tabela seguinte apresenta-se o resumo com a localização, extensão e sentido das vias de lentos consideradas no presente lanço:

Tabela 1 –Zonas com via adicional de lentos.

Via de Lentos	Início Bisel (km)	Início VL (km)	Final VL (km)	Final Bisel (km)	Extensão VL (m)	Sentido
VL 1	0+850	0+950	1+700	1+875	750	Vinhais - Bragança
VL 2	3+900	3+800	1+525	1+350	2 275	Bragança - Vinhais

1.2 - Metodologia

O dimensionamento estrutural das soluções de pavimentação teve por base o método racional, que recorre ao cálculo dos estados de tensão e de deformação induzidos na estrutura do pavimento, e respetiva fundação, quando esta é solicitada pelos eixos dos veículos pesados.

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, indefinidas no plano horizontal, assentes sobre a respetiva fundação, sendo esta considerada como uma camada infinita em profundidade.

Admite-se que os materiais constituintes das camadas têm um comportamento elástico linear e isotrópico, sendo as respetivas características mecânicas estabelecidas em função do tipo de materiais e tendo diversos parâmetros.

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. No caso dos pavimentos em estudo, foi considerada, para efeitos de dimensionamento, a adoção do eixo padrão de 130 kN.

Admite-se, para este eixo, os parâmetros recomendados pela IP, consistindo num rodado duplo, com 35 cm de afastamento, sendo a área de impressão dos pneus circular, com um raio de 12,25 cm.

De forma a avaliar a capacidade de carga das estruturas de pavimento propostas adotaram-se os seguintes critérios, que traduzem os estados limites de ruína do pavimento, os quais são definidos em função de um número acumulado de passagens de eixos padrão:

- Fendilhamento excessivo à superfície do pavimento, em resultado da rotura por fadiga em tração das camadas betuminosas, gerado na sua base;
- Formação excessiva de cavados de rodeira, em consequência de deformações permanentes ocorrentes ao nível da fundação.

A verificação do dimensionamento foi realizada através da aplicação do programa de cálculo automático Alize-Lcpc, a partir do qual se determinaram as extensões e as tensões induzidas pela aplicação do eixo padrão nas estruturas de pavimento.

O processo de cálculo consistiu numa contínua otimização dos modelos estruturais considerados com vista à obtenção de soluções de pavimentação que garantam, durante o período de vida útil das estruturas, o cumprimento integral das condições traduzidas pelos

critérios de ruína adotados. Para o efeito, foi considerado um período de dimensionamento de 20 anos, tendo em conta valores de dano admissível máximo da ordem dos 70 a 80%.

1.3 - Condições climáticas

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

No que se refere aos fatores térmicos locais, estes influenciam o comportamento mecânico das misturas betuminosas. Dado que estes fatores apresentam variações diárias e anuais, torna-se necessário, para efeitos de cálculo, e de acordo com a metodologia da Shell, obter um “valor ponderado da temperatura do ar” que possa ser considerado como representativo da região em questão, e que traduza o conjunto de temperaturas a que os pavimentos se encontrarão sujeitos ao longo dos vários meses do ano.

Para determinar as condições climáticas locais, nomeadamente a temperatura ponderada do ar, utilizaram-se as normais climatológicas da estação da estação meteorológica 575, situada em Bragança (IPMA, 1981-2010).

Tabela 2 – Dados climáticos locais. Fonte: IPMA (1981-2010).

Mês	Temperatura mín. média (°C)	Temperatura média (°C)	Temperatura máx. média (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	0,2	4,5	8,8	92,8
Fevereiro	0,9	6,1	11,4	63,7
Março	3,3	9,1	15	53,9
Abril	5,1	10,7	16,3	65,2
Maio	8	14	20	65
Junho	12	18,7	25,5	35,4
Julho	14,2	21,7	29,2	15,4
Agosto	14	21,6	29,1	17,4
Setembro	11,6	18,3	25,1	47,7
Outubro	7,9	13,1	18,4	102,2
Novembro	3,7	8,2	12,8	92,4
Dezembro	1,3	5,4	9,5	121,6
Média	6,9	12,6	18,4	64,4

Para efeitos de dimensionamento, foi realizado o cálculo dos fatores de ponderação mensais (w) e médio anual (w_{med}), os quais foram aplicados na formulação da metodologia Shell,

obtendo a temperatura média ponderada anual (W-MAAT) para a zona em estudo, de 14,9°C, conforme demonstra a tabela seguinte.

Tabela 3 – Determinação da temperatura ponderada do ar para a zona em estudo.

Mês	Temp. méd. (°C)	W	W _{med}	Temp. Méd. Anual (°C)	W-MAAT (°C)
Janeiro	4,5	0,1295	0,499	12,6	14,9
Fevereiro	6,1	0,1594			
Março	9,1	0,2351			
Abril	10,7	0,2893			
Maio	14,0	0,4437			
Junho	18,7	0,8159			
Julho	21,7	1,2037			
Agosto	21,6	1,1882			
Setembro	18,3	0,7747			
Outubro	13,1	0,3949			
Novembro	8,2	0,2093			
Dezembro	5,4	0,1456			

2 – Tráfego

De modo a definir as ações de tráfego a que o pavimento estará sujeito, foram utilizados os elementos relativos à procura e projeção do tráfego expetável disponibilizados pela IP, relativamente à EN103, no cenário com construção da variante a Vila Verde, com previsões de tráfego futuro para os anos de 2026, 2036 e 2046, que se apresentam em valores de Tráfego Médio Diária Anual (TMDA), conforme discriminado na tabela abaixo.

Tabela 4 – Tráfego Médio Diário Anual (TMDA). Fonte: Infraestrutura de Portugal.

Troço da EN103		Tipo de veículo	2026	2036	2046
Início	Fim		TMDA/Veíc.	TMDA/Veíc.	TMDA/Veíc.
230+000	230+600	Ligeiros	2121	2397	2434
		Pesados	131	147	149
230+600	260+000	Ligeiros	2268	2562	2602
		Pesados	70	78	79

Para efeitos de dimensionamento do pavimento para a variante a Vila Verde, foram considerados os volumes de tráfego estimados para o troço entre o km 230+600 e o km 260+000. As taxas de crescimento que foram adotadas compreenderam taxas de crescimento médias, resultante das projeções expetáveis para o período compreendido entre 2026 e 2046, e que correspondem a 0,61% para os pesados e 0,69% para os ligeiros.

Para efeitos da determinação do número equivalente de eixos padrão de 130 kN, adotou-se no cálculo do coeficiente de equivalência entre eixos de 80 kN e 130 kN, a expressão proposta pela AASHTO da “potência quarta”, em que os coeficientes de agressividade, para cada classe de tráfego, são os indicados no Manual de Concepção de Pavimentos da Rede Rodoviária Nacional (MACOPAV) para pavimentos flexíveis (80 kN), sendo esta:

$$\alpha_{130kN} = \alpha_{80kN} \times \left(\frac{80}{130}\right)^4$$

Onde:

$\alpha_{130\text{ kN}}$ - Coeficiente de agressividade do eixo de 130 kN;

$\alpha_{80\text{ kN}}$ - Coeficiente de agressividade do eixo de 80 kN, obtido no quadro 2.5 do MACOPAV.

Tendo em conta as características geométricas do traçado, considerou-se uma distribuição dos volumes de tráfego por sentido de circulação de 50% por cada sentido e admitiu-se que 100% do tráfego pesado circula na via única de cada sentido, considerando o caso mais desfavorável, isto é, as zonas sem vias de lentos.

De acordo com o MACOPAV, foi determinado o Número Acumulado de Passagens do Eixo Padrão de 130 kN (NAEP130), utilizando a seguinte expressão:

$$NAEP_{130} = 365 \times TMDA_p \times C \times \alpha \times p$$

Onde:

NAEP130 – Número acumulado de passagens do eixo padrão de 130 kN;

TMDAP – Tráfego médio diário anual de veículos pesados no ano de abertura, por sentido e na via mais solicitada;

α – Fator de agressividade do tráfego, obtido no cálculo anterior;

p – Período de dimensionamento;

C – Fator de crescimento de tráfego, que tem em conta o período de dimensionamento (p) e a taxa de crescimento anual (t), sendo obtido pela seguinte expressão:

$$C = \frac{(1 + t)^n - 1}{p \times t}$$

Assim sendo, apresenta-se nas tabelas seguintes, o número acumulado de eixos padrão (NAEP) de 130 kN para o período de dimensionamento de 20 anos, compreendido entre 2026 e 2046, a considerar nos cálculos da avaliação estrutural dos pavimentos novos.

Tabela 5 – Número acumulado de eixos padrão (NAEP₁₃₀) – Dimensionamento a 20 anos.

% tráf. por sentido	% tráf. na via mais solicitada	Tráfego Pesados por sentido e na via mais solicitada Ano de abertura (2026)					Dimensionamento 20 anos			
		(TMDA) _p total	(TMDA) _p por via	Classe	α 80kN	α 130kN	% cresc.	Anos	C	NAEP (130kN)
50%	100%	70	35	T7	2,00	0,29	0,61	20	1,060	7,77E+04

3 – Condições de Fundação

Relativamente aos materiais existentes em terreno natural, a caracterização laboratorial efetuada às amostras remexidas colhidas no Poço P1A permitiu reconhecer, após compactação com teor em água próximo do ótimo e com grau de compactação de cerca de 95%, um solo com CBR95% de 14,0% pertencente à classe de solos SM da classificação Unificada e à classe de solos A-5 (1) da classificação ASSHTO e S3 da classificação do Caderno de Encargos do ex-EP.

De acordo com as considerações efetuadas no Volume “P1.3 – Terraplanagens Gerais”, considera-se que a Parte Superior dos Aterros (PSA) poderá ser construída à custa de solos, do tipo S3 ou superior, com as seguintes características mínimas: com CBR95% ≥ 10%, LL < 25%, IP < 6% e teor em matéria orgânica igual a 0%.

Assim, tendo em conta que a camada de Parte Superior de Aterro (PSA) será construída à custa de solos do tipo S3 ou superior, admite-se, de forma conservativa, que a classe de terreno de fundação do pavimento será do tipo S3.

De acordo com o MACOPAV, os solos enquadráveis na classe S3 são compatíveis com uma classe de fundação F2, ou classe de fundação F3 desde que executado leito de pavimento com solos da classe S4, numa espessura mínima de 0,20 m. Ainda de acordo com o referido manual, o módulo de deformabilidade a considerar para a fundação do pavimento deverá estar dentro dos intervalos $50 < E_f < 80$ (MPa), ou $80 < E_f < 150$ (MPa) nos casos de solos de classe de fundação F2 ou F3, respetivamente.

Tendo em vista a obtenção de uma fundação homogénea para a nova estrutura de pavimento, preconiza-se a execução de uma camada de leito de pavimento, tanto em situação de fundo de caixa em escavação como em situação de aterro. Esta será constituída por materiais reciclados da categoria MAT2 e pertencente às classes B ou C (devendo satisfazer os requisitos constantes na Especificação LNEC E-474-2009), numa espessura de 0,15 m após compactação.

Nestas condições, sugere-se a possibilidade de ser obtido um módulo de deformabilidade para a fundação do pavimento de 80 MPa (situação intermédia entre classe de fundação F2 e F3), de acordo com o intervalo considerado pelo MACOPAV.

Assim, para efeitos de dimensionamento dos pavimentos novos, será considerada a adoção de um módulo de deformabilidade de cálculo de 80 MPa.

Para o coeficiente de Poisson será considerado o valor de cálculo de $\nu = 0,40$.

4 – Soluções de pavimentação

4.1 - Secção Corrente

Tal como proposto em fase de Projeto Base, para a estrutura de pavimento da secção corrente da variante a Vila Verde propõe-se a execução de camadas de base e de sub-base em material granular, com 20 cm cada, seguido da execução de duas camadas betuminosas, com funções de ligação e desgaste.

No entanto, dado o baixo nível de tráfego pesado espetável para o trecho em estudo – classe de tráfego T7, preconiza-se a utilização de agregados reciclados na construção das camadas de base e sub-base, do tipo AGER. As características deste material deverão assegurar as especificações presentes no CETO da IP e na Especificação LNEC E473.

Para a camada de ligação em mistura betuminosa, propõe-se a utilização de uma mistura betuminosa reciclada a quente do tipo AC 20 bin 35/50 (MB), com a incorporação de 20% de RAP.

Para a camada de desgaste, preconiza-se a adoção de misturas do tipo SMA, com utilização de betume modificado com polímeros, de modo a melhorar as características reológicas da mistura betuminosa.

A mistura betuminosa do tipo SMA resulta da combinação de agregados com granulometria descontínua e um betume modificado, com adição de elementos estabilizadores do tipo fibras celulósicas recobertas com betume ou cera. O resultado final desta combinação é o recobrimento de todas as partículas minerais por uma película grossa e uniforme do ligante utilizado, designado por mástique.

Este tipo de mistura tem sido aplicado em situações de clima e de tráfego agressivo, nomeadamente no norte da Europa, e já de forma corrente em Portugal, dada a sua resistência à fadiga e à deformação permanente, que são os fatores de ruína associados aos pavimentos do tipo flexível.

Para esta camada propõe-se a utilização de betume modificado do tipo PMB 45/80-65, que confere à mistura asfáltica as seguintes vantagens:

- Maior coesão e ductilidade;
- Maior resistência à fadiga e ao envelhecimento, aumentando a durabilidade do pavimento;
- Maior adesividade aos agregados;
- Aumento do intervalo de temperaturas de serviço;
- Maior resistência a deformações plásticas.

Assim, para a camada de desgaste propõe-se a aplicação de uma mistura betuminosa do tipo SMA 11 surf PMB 45/80-65. Tendo em conta o fuso deste tipo de mistura, considera-se que a espessura ideal para a camada será de 4,0 cm

No que se refere à estrutura de pavimento das bermas, será considerada a mesma estrutura da faixa de rodagem, dada a sua reduzida dimensão.

Em conclusão, para o pavimento da seção corrente da variante a Vila Verde, propõe-se a seguinte estrutura de pavimento, a saber:

- Camada de desgaste em SMA 11 surf PMB 45/80-65, com espessura constante de 4,0 cm;
- Camada de ligação em macadame betuminoso do tipo AC 20 bin 35/50 (MB), com incorporação de cerca de 20% de RAP, com espessura constante de 6,0 cm;
- Camada de base em agregado reciclado de granulometria extensa (AGER), com espessura de 20 cm;
- Camada de sub-base em agregado reciclado de granulometria extensa (AGER), com espessura de 20 cm;
- Camada de leito de pavimento em materiais reciclados, com espessura de 15 cm.

Viadutos

Na zona dos tabuleiros da obra de arte a capacidade estrutural do pavimento encontra-se assegurada pelas lajes dos tabuleiros, em betão armado. No entanto, importa assegurar que as soluções de pavimento permitam cumprir com os seguintes objetivos:

- Boa regularidade da superfície do pavimento;
- Características superficiais do pavimento adequadas;
- Características da camada de desgaste adequadas para resistir aos efeitos climáticos normalmente mais adversos nestes locais, com efeito no envelhecimento acelerado da camada, que se poderá revelar na forma de fendilhamento do tipo “top down”;

Assim, para a camada de desgaste propõe-se o mesmo tipo de camada do restante troço, do tipo SMA 11 surf PMB 45/80-65, com espessura constante de 4,0 cm, assegurando uniformidade de comportamento ao nível das características superficiais do pavimento.

No que se refere à camada subjacente, deverá ser uma camada com espessura variável, uma vez que terá função de regularização. Tendo em conta a solução geométrica proposta para as estruturas dos viadutos, nas zonas com vias de lentos, será necessário obter as pendentes necessárias à custa da camada de regularização, pelo que se preveem espessuras de regularização da ordem dos 4 a 6 cm de espessura. Neste sentido, propõe-se que a camada de regularização seja constituída por uma mistura com fuso granulométrico do tipo 0/14 mm.

Tendo em conta as características climáticas da zona, bem assim como o traçado da variante nas zonas de viaduto, com gradientes longitudinais máximos da ordem de 5,4%, prevê-se o desenvolvimento de esforços tangenciais elevados ao nível da camada de regularização por ação dos rodados dos veículos pesados, quer no sentido ascendente do trainel, devido à baixas velocidades de circulação, como no sentido descendente, por efeitos das ações de frenagem. Neste sentido, torna-se especialmente importante que a camada de regularização assegure boas características reológicas, pelo que se propõe a utilização de betume modificado na formulação desta mistura.

Assim, para a camada de regularização do pavimento, em zona de viaduto, propõe-se a utilização de uma mistura do tipo AC14 reg PMB 45/80-65 (BB), com espessura variável, entre cerca de 4 e 6 cm.

No caso do viaduto sobre o Vale do Tuela, quando a espessura de regularização for inferior a 3 cm, será considerada uma argamassa de regularização do tipo AC4 reg PMB 45/80-65 (AB).

Deverá ainda ser considerada, previamente à aplicação das camadas betuminosas, a impermeabilização do tabuleiro, para o qual se propõe a aplicação de uma emulsão betuminosa aniónica, do tipo EA UNE 104231 à taxa de cerca de 1,5 kg/m² (emulsão fabricada com betume modificado quimicamente com elastómeros, seguida da aplicação de uma grelha em fibra de vidro pré-revestida de betume oxidado com uma taxa mínima de 250 g/m² e com geotêxtil de polipropileno (PP) não tecido incorporado.

Este tipo de solução, com a impermeabilização dos tabuleiros, tem vindo a ser aplicada com sucesso em diversas obras de arte no território nacional, quer realizadas para a IP quer para

outras Concessionárias, pelo que consideramos que dará as necessárias garantias para um bom desempenho nesta infraestrutura.

Assim sendo, para as zonas de viaduto propõe-se a seguinte estrutura de pavimento:

- Camada de desgaste em SMA 11 surf PMB 45/80-65, com espessura constante de 4,0 cm;
- Camada de regularização em AC 14 reg PMB 45/80-65 (BB), com espessura variável entre cerca de 4 e 6 cm;
- Sistema de impermeabilização do tabuleiro.

4.2 - Restabelecimentos e serventias

Os restabelecimentos pavimentados a repor são estradas de cariz secundário, em que a classe de tráfego deverá ser inferior à da seção corrente, pelo que se propõem estruturas de pavimento mais ligeiras, constituídas por camada de base em agregado reciclado de granulometria extensa (AGER), seguido da construção de 1 camada em mistura betuminosa.

Para a camada de desgaste propõe-se a aplicação de um betão betuminoso tradicional do tipo AC 14 surf 35/50 (BB), com 0,06 m de espessura.

No caso de serventias agrícolas a restabelecer (restabelecimentos não pavimentados), propõe-se apenas a execução de uma camada granular em AGER, que deverá ser construída sobre a plataforma do aterro, de modo a assegurar a estabilidade da plataforma de rodagem. Nas serventias com inclinação longitudinal superior a 10% prevê-se ainda a execução de um revestimento superficial betuminoso simples.

Nas zonas de restabelecimento em Passagem Superior, propõe-se a aplicação de uma argamassa betuminosa com função de regularização, seguido de uma camada de desgaste em betão betuminoso do tipo AC 14 surf 35/50 (BB), com 0,04 m de espessura.

Em resumo, apresentam-se de seguida as soluções de pavimentação que se preconizam para os restabelecimentos e serventias.

Tabela 6 – Soluções de pavimentação de restabelecimentos e serventias.

Solução	Estrutura de Pavimento (m)						
	Betonilha esquartelada	Revestimento superficial simples	SMA 11 surf PMB 45/80-65	AC 14 surf 35/50 (BB)	AC 4 reg PMB 45/80-65	Camada de base em AGER	Camada de sub-base em AGER
SC1 – Ilhéus em betonilha esquartelada	0,10	-	-	-	-	0,20	0,20
SC2 - Restabelecimentos pavimentados	-	-	-	0,06	-	0,15	-
SC3-A - Restabelecimentos não pavimentados	-	-	-	-	-	0,15	-
SC3-B - Restabelecimentos não pavimentados com inclinação superior a 10%	-	±0,01	-	-	-	0,15	-
SC4 - Passagens Superiores	-	-	-	0,04	Variável (0,01 a 0,03)	-	-
SC5 – Serventias pavimentadas	-	-	0,04	-	-	0,20	-

4.3 - Materiais

Nos itens subsequentes são identificados os materiais a utilizar nos trabalhos de pavimentação, devendo a sua composição, condições de aplicação e controlo, obedecer ao disposto no CETO da Infraestruturas de Portugal, complementado com as Clausulas Técnicas Especiais (CTE) deste Projeto de Execução.

4.3.1 - Camadas granulares

Preconiza-se a execução de camadas de base e sub-base das novas estruturas de pavimento em agregados reciclados de granulometria extensa (AGER), devendo as suas características obedecer ao disposto no CETO da IP e na Especificação LNEC E473.

4.3.2 - Regas Betuminosas

Sobre as camadas de base constituídas por material granular, para ligação com a camada betuminosa sobrejacente, será aplicada uma rega de impregnação com emulsão betuminosa do tipo C50BF4, com uma taxa de aplicação de 1,0 kg/m², devendo atender as características definidas no CETO da IP.

Na interface entre camadas constituídas por misturas betuminosas, proceder-se-á sempre à aplicação de uma rega de colagem com emulsão betuminosa tipo “termo-aderente” modificada com polímeros (C60BP3 TA), aplicada a uma taxa de 0,35 kg/m², com as características definidas no CETO da IP.

Como parte integrante do sistema de impermeabilização dos tabuleiros dos viadutos, será aplicada uma rega de colagem aniónica do tipo EA UNE 104231, à taxa de 1,5 kg/m².

4.3.3 - Misturas Betuminosas

Apresentam-se de seguida os tipos de misturas betuminosas preconizadas para os trabalhos de pavimentação, sendo que as suas características se encontram definidas nas CTE.

4.3.3.1 - Camada de desgaste - SMA 11 surf PMB 45/80-65

Para a camada de desgaste da nova Variante preconiza-se a aplicação de uma camada do tipo SMA 11, com betume modificado PMB 45/80-65, com espessura de 4 cm, de modo a assegurar um comportamento adequado face às condições climáticas e orográficas da região, assegurando também boas características superficiais, em termos de ruído, microtextura/atrito, macrotextura e resistência às deformações permanentes que dão origem ao cavado de rodeiras.

A mistura betuminosa deverá incluir a adição de fibras celulósicas recobertas com betume ou cera.

4.3.3.2 - Camada de ligação – AC 20 bin 35/50 (MB)

Na camada de ligação será utilizado um macadame betuminoso do tipo AC 20 bin 35/50 (MB), apresentando espessura de 6 cm.

Nesta mistura betuminosa serão incorporadas misturas betuminosas recuperadas (RAP) com uma taxa de incorporação de 20%.

O betume virgem a utilizar na produção destas misturas deverá ser um betume convencional de classe de penetração 35/50.

Para a recuperação das propriedades elásticas dos betumes recuperados, preconiza-se a utilização de um aditivo rejuvenescedor, na proporção necessária de modo a que o betume recuperado consiga atingir as características de um betume de classe de penetração 35/50.

O tipo de rejuvenescedor e a sua dosagem deverão ser propostos pelo empreiteiro, após estudo de formulação que comprove a obtenção das características preconizadas para o betume “rejuvenescido”, nomeadamente no que se refere ao ensaio de penetração.

Posteriormente, a mistura final com incorporação de RAP, determinada após estudo de formulação, deverá respeitar os requisitos de qualidade estabelecidos para a mistura betuminosa preconizada para as camadas em causa – AC 20 bin 35/50 (MB) ou AC 20 reg 35/50 (MB).

4.3.4 - Grelha de Fibra de Vidro

Preconiza-se neste projeto a aplicação de uma grelha de fibra de vidro como parte integrante do sistema de impermeabilização dos tabuleiros dos viadutos da Variante.

A grelha de fibra de vidro deverá ser pré revestida em betume oxidado e deverá satisfazer as seguintes prescrições:

- Pré-revestimento em betume oxidado, numa taxa superior a 250 g/m²;
- Módulo Elástico (N/mm²):
 - Longitudinal: 73000;
 - Transversal: 73000;
- Resistência à tração da grelha (kN/m):
 - Longitudinal: 120 (com ≤ 3% de alongamento);
 - Transversal: 120 (com ≤ 3% de alongamento);
- Extensão de rotura:
 - Longitudinal: ≤ 4,5 %;
 - Transversal: ≤ 4,5 %;
- Aderência ao corte (método de Leutner): >12 kN.

A grelha de fibra de vidro deverá ainda satisfazer o definido nas Cláusulas Técnicas Especiais deste projeto.

4.4 - Verificação estrutural das soluções de pavimentação

4.4.1 - Critérios de ruína

Tal como referido inicialmente, adotaram-se os critérios de dimensionamento que traduzem os estados limites de ruína do pavimento, em função de um número acumulado de eixos padrão. A verificação da segurança aos estados limites de ruína é efetuada tendo em consideração as extensões aplicadas e as extensões admissíveis:

$$\varepsilon_{apl} \leq \varepsilon_{adm}$$

Onde:

- ε_{apl} - Extensões aplicadas;
 ε_{adm} - Extensões admissíveis.

Com o objetivo caracterizar as diferentes estruturas existentes e estabelecer soluções de reabilitação, foi considerada a metodologia de dimensionamento racional, tendo por base os critérios de dimensionamento recomendados pela IP.

Assim, adotando 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, foi considerada a avaliação dos estados limites através dos seguintes critérios:

- Limitação da extensão máxima de tração na zona inferior das camadas betuminosas, o que visa impedir a rotura por fadiga em tração destas camadas durante o período de dimensionamento, através da expressão que traduz a lei de fadiga proposta pela Shell:

$$\varepsilon_{tmb}^{lim} = (0.856 \times V_b + 1,08) \times E^{-0,36} \times NAEP^{-0,20}$$

Onde:

- V_b - Percentagem volumétrica de betume da mistura da camada betuminosa inferior, que se admitiu, de forma conservativa, ser de 9 % para as camadas de macadame betuminoso;
- E - Módulo de deformabilidade da camada betuminosa inferior (Pa);
- NAEP - Número admissível de passagens do eixo padrão.

- Limitação, com base no critério proposto pela Shell, 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, da seguinte forma:

$$\varepsilon_{vsf}^{lim} = 1,8 \times 10^{-2} \times NAEP^{-0,25}$$

Onde:

- NAEP - Número admissível de passagens do eixo padrão. Este critério admite uma probabilidade de ruína, antes do final do período de vida útil, por deformação permanente da fundação, de 5%.

4.4.2 - Características mecânicas dos materiais de pavimentação

4.4.2.1 - Camadas granulares

As soluções de pavimentação preconizadas para as estruturas de pavimento novas incluem a execução de camadas de base e sub-base em material granular de granulometria contínua.

De acordo com a metodologia proposta pela Shell, o módulo de deformabilidade das camadas constituídas por material agregado britado de granulometria contínua (E_g), pode ser obtido a partir da espessura, em mm, da camada (h_g) e do módulo de deformabilidade da camada subjacente (E_{sj}), através da seguinte relação:

$$E_g = 0,2 \times h_g^{0,45} \times E_{sj}$$

Aplicando a correlação na determinação dos módulos de deformabilidade das camadas de base e sub-base dos pavimentos novos, foram obtidos os valores apresentados na tabela seguinte.

Tabela 7 – Módulo de deformabilidade das camadas granulares novas

Camada	Espessura	Módulos de Deformabilidade		
		E_{sj}	E_g	$E_{adotado}$
	(cm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Camada granular de sub-base (AGER)	20	80	174	170
Camada granular de base (AGER)	20	170	369	350

No que se refere ao Coeficiente de Poisson, considerou-se o valor de 0,35, conforme sugerido no MACOPAV.

4.4.2.2 - Camadas betuminosas novas

O cálculo dos módulos de deformabilidade das misturas betuminosas a aplicar tem por base o tipo de betume considerado, a composição das misturas (teor volumétrico de agregado, de betume e de vazios), as condições de circulação dos veículos pesados (intervalo de tempo em que são aplicadas as solicitações - tempo de carga) e as condições climáticas, nomeadamente as temperaturas de cálculo consideradas.

Tendo por base a temperatura média ponderada do ar (W-MAAT) de 14,9°C e as espessuras das camadas, determinou-se, de acordo com o ábaco da metodologia da Shell, as temperaturas de serviço, de cálculo, que foram de 23,0°C e 22,0°C, para as camadas de desgaste e de ligação, respetivamente.

Quanto à composição das misturas, considerou-se, para efeitos de dimensionamento, as características apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 8 – Composição volumétrica adotada para as misturas betuminosas novas

Camada	SMA 11 surf PMB 45/80-65	AC 20 bin 35/50 (MB)
Percentagem volumétrica de betume (Vb)	14%	10%
Percentagem volumétrica de vazios (Vv)	5%	6%
Percentagem volumétrica de agregados (Va)	81%	84%

A determinação dos módulos de deformabilidade das misturas betuminosas implica a determinação do nível 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), 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 tempo de aplicação da carga foi determinado a partir da velocidade de circulação (v), a qual se considerou ser, no presente caso, para os veículos pesados, da ordem dos 20 km/h. Esta consideração tem em conta as características de traçado da via em estudo, nomeadamente no que se refere ao perfil longitudinal da via, sempre em tranel ascendente nalgum dos sentidos, com gradientes médios superiores a 5%.

O índice de penetração do betume em serviço (IP), que traduz a sensibilidade da penetração do betume à temperatura de 25°C, pode ser determinado da seguinte forma:

$$IP = \frac{20 \times T_{ab} + 500 \times \log(\text{pen}_{25}) - 1951.55}{T_{ab} - 50 \times \log(\text{pen}_{25}) + 120.15}$$

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

$$T_{ab} = 98,4 - 26,4 \times \log(\text{pen}_{25})$$

Devido ao endurecimento durante o processo de fabrico e colocação das misturas em obra, o que se traduz numa alteração das características do betume, admitiu-se, de acordo com a correlação proposta pela Universidade de Nottingham, que, após entrada em serviço, a penetração do betume se reduza a cerca de 65% do valor inicial, de acordo com a seguinte expressão:

$$\text{pen}_{serviço} = 0.65 \times \text{pen}_{inicial(25^\circ\text{C})}$$

Por fim, por meio da expressão de *Heukelom e Klomp*, posteriormente modificada por *Fijn Van Draat e Sommer*, com a introdução de um fator corretivo, 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:

$$E_{mistura} = E_{betume} \times \left(1 + \frac{2,5 \times C_v}{n \times (1 - C_v)}\right)^n$$

Onde:

$$n = 0,83 \times \log \left(\frac{4 \times 10^4}{E_{\text{betume}}} \right) \text{ e } C_v = \frac{V_a}{(V_a + V_b) \times (0,97 + V_v)}$$

Deve referir-se que este método, baseado na metodologia da Shell, revela limitações no cálculo da rigidez de misturas betuminosas com betumes modificados com polímeros. No entanto, para efeitos de dimensionamento deste estudo, adotou-se, de modo conservativo, um valor aproximado ao valor obtido pelo método da Shell.

Em conclusão, tendo em conta a influência das condições climáticas durante a fase de construção, admitiram-se, para efeitos de dimensionamento das soluções de pavimentação propostas, as características de deformabilidade indicadas nas tabelas seguintes.

Tabela 9 – Módulo de deformabilidade estimados para as misturas betuminosas novas

Propriedade	SMA 11 surf PMB 45/80-65	AC 20 bin 35/50 (20% RAP)	
Classe do betume:	(45+80)/2 = 62,5	(35+50)/2 = 42,5	
pen ₂₅ (*10 ⁻¹ mm)	40,625	27,625	
T _{ab} (°C) = 98,4 - 26,4 x log (pen ₂₅)	55,9	60,3	
$IP = \frac{20 \times T_{ab} + 500 \times \log (\text{pen}_{25}) - 1952}{T_{ab} - 50 \times \log (\text{pen}_{25}) + 120}$	-0,3042	-0,2249	
Temperaturas de cálculo (°C)	23,0	22,0	
Profundidade de cálculo (cm)	2	7,0	
Velocidade de circulação dos veíc. pesados (km/h)	20	20	
Tempo de carga (s) =1 / velocidade	0,0500	0,0500	
$E_{\text{betume}} \text{ (MPa)} = 1,157 \times 10^{-7} \times t^{0,368} \times e^{-iP} \times (T_{ab} - T)^5$	18,3	36,2	
$n = 0,83 \times \log \left(\frac{4 \times 10^4}{E_{\text{betume}}} \right)$	2,77	2,53	
Composição volumétrica (%)	V _{agregados}	81	84
	V _{ligante}	14	10
	V _{vazios}	5	6
$C_v = \frac{V_a}{(V_a + V_b) \times (0,97 + V_v)}$	0,84	0,87	
$E_{\text{mistura}} = E_{\text{betume}} \times \left(1 + \frac{2,5 \times C_v}{n \times (1 - C_v)} \right)^n \text{ (MPa)}$	2162	5845	
Valor adoptado	2000	5500	

4.4.3 - Resultados do dimensionamento

Tendo em conta as propriedades mecânicas dos materiais constituintes das camadas preconizadas, determinaram-se, recorrendo ao programa de cálculo automático Alize-Lcpc, os valores das extensões máximas de tração na base das camadas betuminosas e das extensões máximas de compressão no topo da fundação que ocorrem quando as camadas são solicitadas pela ação do eixo padrão adotado, de 130 kN. No Anexo apresentam-se os resultados obtidos com o programa Alize-Lcpc.

A partir dos valores das extensões e tensões 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, ou por deformação permanente da fundação, sendo o critério condicionante aquele que resulta em menor N_{adm} . Desta forma, foi possível efetuar uma análise comparativa entre o volume acumulado de tráfego previsto para o período de dimensionamento de projeto (NAEP) e os valores admissíveis determinados pelos critérios relativos aos estados limites de ruína.

Na tabela seguinte apresentam-se resumidos os principais resultados dos cálculos efetuados, com indicação dos valores da extensão máxima de tração que ocorre na base das camadas betuminosas e da extensão máxima de compressão no topo da fundação, do número máximo admissível de eixos padrão de 130 kN que resulta dos critérios de dimensionamento adotados e da vida residual das estruturas de pavimento no final do período de dimensionamento de 20 anos.

Tabela 10 – Resultados da verificação estrutural

NAEP _{130 kN}	Avaliação de Fadiga das Misturas Betuminosas					Avaliação da Deformação Permanente da Fundação			Vida Residual 2046
Tráfego (2026-2046)	E (Mpa)	V _b (%)	Ext.	N _{adm}	Consumo	Ext.	N _{adm}	Consumo	
			e _t (10 ⁻⁶)		2026-2046	e _c (10 ⁻⁶)		2026-2046	
7,77E+04	5500	10%	229	3,90E+05	20%	577	9,75E+05	0%	80%

A partir dos resultados apresentados, verifica-se que os números acumulados de eixos padrão admissíveis, tendo em conta os critérios de ruína adotados, são superiores ao valor acumulado de eixos padrão estimados para o período de dimensionamento de 20 anos.

Assim, tendo em conta as espessuras e a natureza dos materiais constituintes das diversas camadas preconizadas, conclui-se que, as estruturas propostas, apresentam características que permitem satisfazer os critérios de dimensionamento adotados, de forma a evitar o fendilhamento das camadas betuminosas e as deformações permanentes excessivas ao nível da fundação.

Assim, tendo em conta as espessuras e a natureza dos materiais constituintes das diversas camadas preconizadas, conclui-se que, as soluções de pavimentação preconizadas nas tabelas anteriores, para cada secção estrutural, apresentam características que permitem satisfazer os critérios de dimensionamento adotados, de forma a evitar o fendilhamento das camadas betuminosas e as deformações permanentes excessivas ao nível da fundação.

5 – Faseamento construtivo

5.1 - Secção corrente

Conforme referido, para a secção corrente da Variante a Vila Verde, propõe-se a construção de estruturas de pavimentação tradicionais, em pavimento flexível, com camadas de base e sub-base em agregado reciclado de granulometria extensa (AGER), seguido da construção de 2 camadas em misturas betuminosas.

A sequência de execução dos trabalhos previstos para o pavimento a executar na secção corrente deverá ser a indicada nos parágrafos que se seguem:

- 1) Trabalhos de terraplanagem e execução da camada de leito de pavimento, conforme definido em projeto da especialidade;
- 2) Execução de camada de sub-base em agregado reciclado de granulometria extensa (AGER), com espessura 0,20 m;
- 3) Execução de camada de base em agregado reciclado de granulometria extensa (AGER), com espessura 0,20 m;

- 4) Aplicação de rega de impregnação em emulsão betuminosa catiónica de rotura lenta, C50BF4, aplicada à taxa de 1,00 kg/m², sobre a camada de base granular terminada;
- 5) Execução de uma camada de ligação em macadame betuminoso do tipo AC 20 bin 35/50, com incorporação de cerca de 20% de RAP, com espessura constante de 6,0 cm;
- 6) Aplicação de rega de colagem com emulsão betuminosa tipo “termo-aderente” modificada com polímeros (C60BP3 TA), aplicada a uma taxa de 0,35 kg/m²;
- 7) Execução de uma camada de desgaste em SMA 11 surf PMB 45/80-65, numa espessura constante de 4,0 cm.

5.2 - Zonas de Viaduto

Nas zonas de viaduto propõe-se a aplicação de duas camadas em mistura betuminosa, sendo a primeira com função de regularização e a segunda com função de desgaste. É também proposta a execução de um sistema de impermeabilização previamente à aplicação das camadas em mistura betuminosa, de modo a proteger os elementos estruturais da estrutura.

A sequência de execução dos trabalhos previstos para a zona do tabuleiro da Obra de Arte deverá ser a indicada nos parágrafos que se seguem:

- 1) Execução de sistema de impermeabilização:
 - a. O sistema de impermeabilização será executado diretamente sobre o tabuleiro da Obra de Arte, posteriormente à limpeza da superfície das lajes a fim de eliminar matérias soltas, desagregações e poeiras que possam reduzir os níveis de aderência;
 - b. Aplicação da emulsão betuminosa aniónica, do tipo EA UNE 104231, à taxa de 1,5 kg/m², numa camada única. A grelha de fibra de vidro deverá ser aplicada imediatamente de seguida, antes da rotura da emulsão betuminosa;
 - c. A instalação da grelha deve ser, preferencialmente, realizada por meios mecânicos em detrimento de meios manuais. A grelha, depois de colocada no

equipamento, é desenrolada sobre o pavimento, passando sequencialmente por um conjunto de rolos compactadores que promovem o ajuste da grelha à superfície da camada onde está a ser aplicada. Este procedimento em conjunto com a absorção da emulsão através do geotêxtil promove uma adequada aderência entre a grelha e a camada subjacente;

- 2) Execução de camada de regularização em betão betuminoso do tipo AC14 reg PMB 45/80-65 (BB), numa espessura de cerca de 4 a 6 cm (variável de modo a regularizar a plataforma e criar as pendentes transversais pretendidas);
- 3) Aplicação de rega de colagem com emulsão betuminosa tipo “termo-aderente” modificada com polímeros (C60BP3 TA), aplicada a uma taxa de 0,35 kg/m²;
- 4) Execução de camada de desgaste em SMA 11 surf PMB 45/80-65, numa espessura constante de 4,0 cm.

Colaboração

Colaboraram neste documento os seguintes elementos:

Direção Técnica:

Duarte Nuno Pereira

Eduardo Mira Fernandes

Coordenação:

Jorge Ferreira

Projeto:

Ricardo Moreira

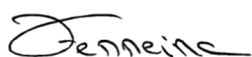
Eliaana Pera

Organização do processo:

Conceição Lima

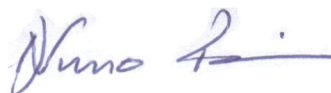
Vila Real, setembro de 2024

Eng.º Civil



(Jorge Ferreira)

P' NRV – A Direção Técnica



(Duarte Nuno Pereira)

ANEXO 01 VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DO PAVIMENTO OUTPUTS DO SOFTWARE ALISE-LCPC

Alize-Lcpc - Design of pavement structures

according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation

- data Structure : direct input
- file origin \\...\...\Alize\Seccao Corrente.dat
- title of the study Variante - Secção Corrente

- load data :

- special loading, direct input
 - file origin \\...\...\03_Verificação Estrutural\02_Alizé\130 kN.chg
- number of circular loads: 2

	X m	Y m	radius m	pressure MPa	weight MN
1	+00,3500	+00,0000	+0,123	+00,6894	+00,0325
2	+00,0000	+00,0000	+0,123	+00,6894	+00,0325

- number of vertical computation profiles: 2

	X m	Y m
1	+00,0000	+00,0000
2	+00,1750	+00,0000

units: m, MN and MPa; strains in μ strain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):

**major main traction stresses in the horizontal plane XoY and
major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection**

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
<i>surface (z=0.000)</i>					
th= 0,040 m	0,000m	52,4	0,396	-97,8	0,689
Yg= 2000,0 MPa					
nu= 0,350	0,040m	48,3	0,238	62,7	0,591
<i>bonded (z=0,040m)</i>					
th= 0,060 m	0,040m	48,3	0,618	-54,4	0,591
Yg= 5500,0 MPa					
nu= 0,350	0,100m	-228,7	-1,627	237,4	0,271
<i>bonded (z=0,100m)</i>					
th= 0,200 m	0,100m	-228,7	0,023	689,6	0,271
Yg= 350,0 MPa					
nu= 0,350	0,300m	-296,4	-0,095	420,3	0,091
<i>bonded (z=0,300m)</i>					
th= 0,200 m	0,300m	-296,4	-0,021	591,7	0,091
Yg= 170,0 MPa					
nu= 0,350	0,500m	-260,2	-0,040	418,8	0,045
<i>bonded (z=0,500m)</i>					
th. infinite	0,500m	-260,2	-0,003	577,0	0,045
Yg= 80,0 MPa					
nu= 0,400					

Maximum deflection =65,2 mm/100 (maximum: profile P2)

Curvature radius =153,3 m (dual-wheel center)

Condições técnicas especiais

EN103 – VINHAIS / BRAGANÇA, CONSTRUÇÃO DE VARIANTES
VARIANTE VILA VERDE

PROJETO DE EXECUÇÃO

P3 - PAVIMENTAÇÃO

CONDIÇÕES TÉCNICAS ESPECIAIS

ÍNDICE

R.03 PAVIMENTAÇÃO.....	5
R.03.99 Outros trabalhos	5
R.03.99.01 Camadas de misturas betuminosas a quente	5
R.03.99.01.01 Camada de ligação.....	5
R.03.99.01.01.01 AC20 bin 35/50 (MB) (20% RAP):	5
1 – ÂMBITO	5
2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	6
Agregados	6
Ligante.....	7
Aditivos	7
Mistura betuminosa	7
3 – PROCESSO CONSTRUTIVO.....	8
Controlo de qualidade.....	9
4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO	9
5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO	9
R.03.99.01.02 Camada de desgaste.....	10
R.03.99.01.02.01 SMA 11 surf PMB 45/80-65	10
1 – ÂMBITO	10
2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	10

Agregados	11
Ligante.....	11
Fibras de celulose.....	12
Mistura betuminosa	13
3 – PROCESSO CONSTRUTIVO.....	15
Características superficiais da camada terminada	16
Controlo de qualidade.....	16
4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO.....	17
5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO	17
R.03.99.02 Rega de Colagem.....	18
R.03.99.02.01 Com emulsão betuminosa tipo EA UNE 104231.....	18
1 – ÂMBITO	18
2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	18
3 – PROCESSO CONSTRUTIVO.....	19
Armazenagem do material	19
Execução dos trabalhos	19
4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO.....	20
5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO	20
R.03.99.03 Fornecimento e aplicação de geogrelha de fibra de vidro pré-revestida em betume oxidado. ...	21
1 – ÂMBITO	21
2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS.....	21
3 – PROCESSO CONSTRUTIVO.....	22
Receção do material	22
Armazenagem do material	22
Execução dos trabalhos	22
4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO.....	23
5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO	24

REGISTO DE ALTERAÇÕES

Rev.	Data	Autor	Secção afetada	Alterações
A	2024/05/19	Ricardo Moreira	-	Versão inicial
B	2024/09/20	Ricardo Moreira	Revisão geral	Revisão decorrente do parecer da IP de 2024/07/24

**EN103 - VINHAIS / BRAGANÇA, CONSTRUÇÃO DE VARIANTES
VARIANTE VILA VERDE**

PROJETO DE EXECUÇÃO

P3 - PAVIMENTAÇÃO

CONDIÇÕES TÉCNICAS ESPECIAIS

INTRODUÇÃO

As Cláusulas Técnicas Especiais do Caderno de Encargos completam ou substituem as correspondentes Cláusulas Técnicas Gerais do Caderno de Encargos Tipo de Obra da Infraestruturas de Portugal (IP) – CETO, versão Fev.2009.

No que respeita aos demais materiais a utilizar, não mencionados nas presentes Cláusulas Técnicas Especiais, ao modo de execução e respetivo controlo da qualidade, deverão ser cumpridos os requisitos estipulados nas Cláusulas Técnicas Gerais do CETO da IP.

A qualidade dos materiais dos produtos da construção deve estar em conformidade com o Caderno de Encargos e com a marcação CE da Diretiva dos Produtos da Construção, e caso não exista nenhuma especificação, em conformidade com os documentos de homologação do LNEC e/ou outras especificações técnicas.

Estas especificações devem ser interpretadas no sentido de que as obras sejam realizadas com base nas boas regras de execução, e quando as condições locais obrigarem a alguma alteração dos processos previstos deverá ser contactado o dono de obra.

O Adjudicatário deverá inteirar-se das condições no local para um melhor planeamento dos trabalhos.

R.03 PAVIMENTAÇÃO

R.03.99 OUTROS TRABALHOS

R.03.99.01 Camadas de misturas betuminosas a quente

R.03.99.01.01 Camada de ligação

R.03.99.01.01.01 AC20 bin 35/50 (MB) (20% RAP):

As cláusulas técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.01.01.01 - do Resumo Geral de Medições – Camada de Ligação em Mistura Betuminosa Reciclada a Quente do tipo AC 20 bin 35/50 (MB), com 20% RAP, com espessura de 0,06 m.

1 – ÂMBITO

Definem-se no presente documento as Cláusulas Técnicas Especiais (CTE) relativas à execução de uma camada de ligação em mistura betuminosa reciclada a quente, do tipo AC 20 bin 35/50 (MB), que deverá incluir a incorporação de cerca de 20% de RAP, dos quais 10% serão obrigatoriamente produto certificado enquanto que os restantes 10 % serão preferencialmente provenientes da fresagem das misturas betuminosas existentes no pavimento da EN103.

Para a recuperação das propriedades elásticas dos betumes recuperados, preconiza-se a utilização de um aditivo rejuvenescedor, na proporção necessária de modo a que o betume recuperado consiga atingir as características de um betume de classe de penetração 35/50.

A técnica de reciclagem a quente em central consiste na incorporação de resíduos de misturas betuminosas (RA – *reclaimed asphalt*) para fabricação de misturas betuminosas a quente. A Norma Europeia aplicável a estes resíduos é a EN 13108-8 *Bituminous mixtures – Material specifications – Part 8: Reclaimed asphalt*.

De acordo com o quadro legal nacional, a incorporação de RCD em obra deve atender ao disposto no DL 102-D/2020 de 10 de dezembro e demais legislação vigente aplicável.

Em tudo o que for aplicável nesta rubrica, serão respeitadas as disposições consignadas no item 15.03.2 – Camadas de misturas betuminosas a quente, em particular no que respeita à

mistura AC 20 bin (MB) e demais itens aplicáveis do Volume V: 03 – Capítulo 15.03 - Pavimentação do Caderno de Encargos Tipo Obra (CETO) em vigor ou na norma EN 13 108, partes 1 e 5: “Misturas betuminosas - Especificações dos materiais”.

Por se tratar de uma mistura reciclada a quente, devem ser consideradas as disposições consignadas no item 14.03.10.2 – Mistura reciclada a quente em central do Volume V: 03 – Capítulo 14.03 - Pavimentação do Caderno de Encargos Tipo Obra (CETO) em vigor, bem assim como as especificações presentes na Especificação LNEC E 472-2009.

Os ensaios necessários para o controlo de qualidade serão os associados aos itens aplicáveis e especificados no capítulo 14.00 – Controlo de Qualidade do CETO e constituem encargo do Empreiteiro.

Os ensaios a realizar em obra para avaliação das características e do desempenho dos materiais não constantes do CETO constituem encargo do Empreiteiro.

2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

A identificação e classificação do RA, como constituinte das misturas betuminosas fabricadas a quente, deve ser realizada de acordo com os requisitos especificados na Norma 13108-8 *Bituminous mixtures – Material specifications – Part 8: Reclaimed asphalt*.

As especificações/propriedades definidas e a declarar quando requeridas, para a caracterização dos stocks de misturas betuminosa recuperadas referem-se fundamentalmente ao ligante, aos agregados e à matéria estranha.

A caracterização e tratamento do material recuperado devem seguir os critérios estabelecidos na Especificação LNEC E 472-2009.

Agregados

A mistura de agregados para a formulação desta mistura (entenda-se agregados virgens e agregados reciclados), devem cumprir os requisitos/propriedades dos Quadros 14.03.2e e 14.03.2f, no que se refere ao AC 20 bin (MB), do Volume V:03 – Pavimentação – Capítulo 14.03 do CETO.

Assim, os agregados virgens a adicionar à mistura devem ser selecionados por forma a que, em conjunto com os agregados presentes nas misturas betuminosas recuperadas, se obtenha uma composição da mistura de agregados que cumpra as especificações do CETO para a mistura do tipo AC 20 bin (MB), nomeadamente em termos de granulometria.

Ligante

O ligante virgem a utilizar será o betume convencional de classe de penetração 35/50.

Aditivos

Para a recuperação das propriedades elásticas dos betumes recuperados, preconiza-se a utilização de um aditivo rejuvenescedor, na proporção necessária de modo a que o betume recuperado consiga atingir as características de um betume de classe de penetração 35/50.

O tipo de rejuvenescedor e a sua dosagem deverão ser propostos pelo empreiteiro, após estudo de formulação que comprove a obtenção das características preconizadas para o betume “rejuvenescido”, nomeadamente no que se refere ao ensaio de penetração.

Mistura betuminosa

A produção da mistura reciclada a quente do tipo AC 20 bin (MB) deverá incluir uma proporção de cerca de 20 % de RAP do seu peso ponderal. Desta proporção, 10 % será obrigatoriamente produto certificado, sendo que os outros 10 % deverão ser preferencialmente provenientes dos materiais fresados da própria obra.

Em qualquer dos casos, só será aceite a utilização das misturas betuminosas recuperadas que cumpram com os requisitos mínimos de conformidade constantes na Especificação LNEC E 472-2009.

Na produção da mistura reciclada a quente do tipo AC 20 bin (MB) deverão ser cumpridos os requisitos do Quadro 14.03.2g, no que se refere ao AC 20 bin (MB), do Volume V:03 – Pavimentação – Capítulo 14.03 do CETO.

3 – PROCESSO CONSTRUTIVO

Na formulação das misturas recicladas os agregados e ligante a utilizar são função das características das misturas recuperadas e das suas taxas de incorporação.

Os agregados a utilizar devem permitir, em conjunto com os agregados presentes nas misturas recuperadas, que a composição granulométrica da mistura final satisfaça o especificado no CETO para uma camada de base em AC 20 bin ligante (MB) – item 14.03.2.2.1.

O tipo de ligante a adicionar à mistura será um betume convencional de classe de penetração 35/50.

Para a validação de todo o processo produtivo deverá transpor-se a fórmula de estudo aprovada para a central de fabrico de modo a verificar a sua capacidade para produzir as misturas betuminosas em conformidade com os pressupostos estabelecidos no Estudo de Formulação. A temperatura de fabrico deverá respeitar as indicações do fornecedor do betume.

Após a validação da capacidade da central, na reprodução da fórmula de estudo, deverá realizar-se um “Trecho Experimental” para a avaliação/aferição da metodologia de aplicação e de controlo das misturas fabricadas. De acordo com as conclusões técnicas a retirar dos resultados dos ensaios de controlo de qualidade realizados, relativas à conformidade das misturas e das características de compacidade da camada experimental, é fixada a fórmula de trabalho a utilizar durante todo o processo produtivo.

A execução dos trabalhos não será iniciada sem que seja aprovada pela Fiscalização a fórmula de trabalho, a metodologia construtiva e de controlo de qualidade.

Pretende assegurar-se um rigoroso e adequado processo produtivo, considerando o fabrico, o transporte, o espalhamento e a compactação da mistura betuminosa.

Em tudo o que for aplicável durante o processo construtivo, aplicam-se as disposições gerais para o estudo, fabrico, transporte, espalhamento e compactação de misturas betuminosas a quente indicadas no item 15.03.1.1.2 Disposições gerais para o estudo, fabrico, transporte,

espalhamento e compactação do Volume V: 03 – Capítulo 15.03 - Pavimentação do CETO em vigor.

Controlo de qualidade

Para assegurar a qualidade da produção de misturas recicladas é necessário proceder ao controlo sistemático das propriedades das misturas betuminosas recuperadas, nomeadamente em relação ao seu teor de água, à granulometria dos agregados recuperados e à percentagem e propriedades do betume recuperado, conforme indicado no Quadro 1 da secção 6 da Especificação LNEC E 472-2009. As propriedades que constam do referido Quadro devem ser verificadas pelo produtor com as frequências mínimas indicadas na secção 5.4 da EN 13108-8.

Estas características devem ser monitorizadas para comparação com os valores considerados no estabelecimento da fórmula de trabalho, permitindo assim que se realizem eventuais ajustamentos a essa fórmula ou ao processo de fabrico.

Em relação ao controlo da qualidade da mistura reciclada (mistura final), os ensaios a efetuar são os associados aos itens aplicáveis e especificados no capítulo 14.00 – Controlo de Qualidade do CETO.

4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Estes trabalhos medem-se ao m² e a respetiva quantidade é determinada a partir da medição “in situ” da área executada.

5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO

Estas condições técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.01.01.01 - do Mapa-Resumo das Quantidades de trabalho.

R.03.99.01.02 Camada de desgaste

R.03.99.01.02.01 SMA 11 surf PMB 45/80-65

As cláusulas técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.01.02.01 - do Resumo Geral de Medições – Camada de Desgaste em Mistura Betuminosa Descontínua Fabricada a Quente do tipo SMA 11 surf PMB 45/80-65, com espessura de 0,04 m.

1 – ÂMBITO

Definem-se no presente documento as Cláusulas Técnicas Especiais (CTE) relativas à execução de uma camada de desgaste em mistura betuminosa a quente do tipo SMA, no estudo em questão, SMA 11.

Em tudo o que for omissa nesta rubrica, serão respeitadas as disposições consignadas no item 15.03.2 – Camadas de misturas betuminosas a quente, em particular no que respeita à mistura AC10 surf (mBBR) e demais itens aplicáveis do Volume V: 03 – Capítulo 15.03 - Pavimentação do Caderno de Encargos Tipo Obra (CETO) em vigor ou na norma EN 13 108, partes 1 e 5: “Misturas betuminosas - Especificações dos materiais”.

Os ensaios necessários para o controlo de qualidade serão os associados aos itens aplicáveis e especificados no capítulo 14.00 – Controlo de Qualidade do CETO e constituem encargo do Empreiteiro.

Os ensaios a realizar em obra para avaliação das características e do desempenho dos materiais não constantes do CETO constituem encargo do Empreiteiro.

2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

A mistura SMA 11 define-se como uma mistura a utilizar em camadas de desgaste. Resulta da combinação de agregados com granulometria descontínua e um ligante modificado incluindo a adição de fibras celulósicas impregnadas com betume ou recobertas com cera. O resultado final conduz a que todas as partículas minerais fiquem recobertas com uma película grossa e uniforme do ligante.

O processo de fabrico, em central descontínua, será feito de forma tradicional, sendo as fibras adicionadas aos agregados, a seco, na misturadora. O transporte e a aplicação em obra da mistura com fibras, serão realizados de forma semelhante a uma mistura descontínua tradicional.

Agregados

Os agregados a incluir nesta mistura terão que ter uma curva descontínua, deverão estar isentos de sujidade e matéria orgânica, cumprir os requisitos/propriedades do Quadro 14.03.2m, no que se refere ao AC10 surf (mBBR), do Volume V:03 – Pavimentação – Capítulo 14.03 do CETO.

De acordo com os fusos granulométricos especificados na NP EN 13108-1, para a presente mistura será utilizado o fuso granulométrico apresentado na tabela seguinte (tendo em consideração os peneiros da “Série Base mais Série 1” indicados na NP EN 13 043).

Tabela 1 – Fuso granulométrico para a SMA 11.

Peneiros Série Base + Série 1	SMA 11
16	100
11,2 (11)	90 - 100
8	55 - 80
4	22 - 33
2	20 - 30
0,5	12 - 20
0,063	6 - 10

A curva da mistura de agregados a adotar deve respeitar o fuso indicado, mas também deve estar correlacionada com a espessura da camada e com a macrotextura pretendida. Assim, no presente caso, na parte fina deve estar mais próxima do limite superior do fuso e na parte grossa deve estar mais próxima do limite inferior do fuso.

Ligante

O ligante a utilizar será o PMB 45/80-65.

A percentagem de ligante mínimo será de 6,0 % sobre a mistura, devendo ser justificado, mediante os correspondentes ensaios de laboratório, nomeadamente resultantes do estudo Marshall.

A determinação da percentagem ótima de ligante será obtida através do método Marshall (confirmada e/ou ajustada com ensaios posteriores).

Fibras de celulose

Para assegurar a estabilidade do mástique betuminoso, atendendo ao acréscimo de ligante que permite conferir uma maior durabilidade e melhor desempenho a este tipo de mistura comparativamente com uma mistura do tipo AC, preconiza-se a aplicação de fibras celulósicas, que irão atuar como agente fixador do betume, nomeadamente durante o transporte e aplicação.

As fibras celulósicas deverão apresentar-se na forma de granulado composto por fibras recobertas de betume ou cera. A sua função é a de elemento estabilizante para misturas asfálticas de maior durabilidade e elevado desempenho.

A percentagem do granulado de fibras deverá ser superior ou igual a 0,30 %, em peso, da mistura.

Características do granulado de fibras celulósicas:

- | | |
|---------------------------------------|---------------|
| • Conteúdo em fibras de celulose | 87 - 93 % |
| • Densidade aparente | 440 - 540 g/l |
| • Análise granulométrica: (< 3,55 mm) | máx. 10 % |

Características das fibras de celulose:

- Conteúdo de celulose $80 \pm 5 \%$
- Valor do pH (5 g/100 ml) $7,5 \pm 1,0$
- Comprimento médio das fibras $1\ 100\ \mu\text{m}$
- Diâmetro médio $45\ \mu\text{m}$

Caso seja considerada a utilização de betume para o recobrimento das fibras, deverá cumprir com as seguintes características: (este betume vem já misturado com as fibras, não é adicionado em obra):

- Penetração (de acordo com a EN 1426) a 25°C 50/70 (0,1 mm)
- Temperatura de amolecimento (teste de anel e bola, EN 1427) $46/54^\circ\text{C}$

Mistura betuminosa

A mistura SMA 11 deverá cumprir os requisitos constantes na tabela seguinte.

Tabela 2 – Requisitos e propriedades da mistura betuminosa SMA 11.

Requisitos e propriedades		Ref. normativa	Condições específicas dos ensaios	Uni	SMA 11
Características Marshall	Estabilidade, máx.	EN12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 50 pancadas	kN	$S_{max17,5}$ ^(a)
	Estabilidade, mín.			kN	$S_{min7,5}$
	Deformação, máx.			mm	F4
	Deformação, mín.			mm	F2
	Quociente Marshall			kN/mm	Q_{min3}
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.		EN12697-8	EN 12697-8 - Calculada com base na baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade	%	VMA_{min14}
Porosidade, Vm		EN12697-8	EN 12697-8 - Calculada com base na baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade	%	$V_{min2,0}$ $V_{max5,0}$
Relação ponderal de filler / ligante		-	Estudo de formulação (item 15.03.2 do CETO)	%	Item 14.03.0-3 (CETO)
Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaios de compressão Marshall, mín.		MIL-STD-620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 50 pancadas ^(d)	%	80
Resistência à Deformação Permanente ("Wheel-tracking")	Taxa de deformação $\frac{WTC}{mm}$	EN12697-22	Equipamento pequeno, procedimento B, acondicionamento ao ar, temperatura do ensaio a 60 °C	mm/10 ³ ciclos de carga	0,07
	Profundidade de rodagem máxima,			%	Valor a declarar
% de ligante, mín.		-	-	%	B_{min6} ^(e)
Sensibilidade à água, ITSR, mín		EN12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 – 50 pancadas, temperatura do ensaio: 15° C	%	ITSR ₉₀ (90%)
Escorrimento de betume, máx		EN 12697-18	Ensaio de Schellenberg em copo de vidro	%	0,3
Notas da tabela 2: Requisitos e Propriedades da mistura betuminosa tipo SMA					
NA - Não aplicável (a) - Para granitóides e agregados provenientes de rochas com predominância de sílica na sua composição a estabilidade máxima deverá ser 20 kN. (b) - Calculada para a percentagem ótima de ligante da mistura em estudo. (c) - Para a moldagem dos provetes é utilizado o compactador de impacto com 50 pancadas, de acordo com a norma EN 12697-30, à temperatura de compactação para a qual, a viscosidade do ligante a empregar na mistura, se situe entre 280±30 cSt.					

3 – PROCESSO CONSTRUTIVO

Para a validação de todo o processo produtivo deverá transpor-se a fórmula de estudo aprovada para a central de fabrico de modo a verificar a sua capacidade para produzir as misturas betuminosas em conformidade com os pressupostos estabelecidos no Estudo de Formulação. A temperatura de fabrico deverá respeitar as indicações do fornecedor do betume.

Após a validação da capacidade da central, na reprodução da fórmula de estudo, deverá realizar-se um “Trecho Experimental” para a avaliação/aferição da metodologia de aplicação e de controlo das misturas fabricadas. De acordo com as conclusões técnicas a retirar dos resultados dos ensaios de controlo de qualidade realizados, relativas à conformidade das misturas e das características de compacidade da camada experimental, é fixada a fórmula de trabalho a utilizar durante todo o processo produtivo.

Aquando da realização do trecho experimental, no âmbito do controlo de qualidade, deverá ser efetuada com recurso ao pêndulo britânico a avaliação do atrito pontual (EN 13036-4). O número mínimo de medições pontuais será de 3 pontos – poderá a fiscalização se entender necessário solicitar um maior número – o valor PTV (*Pendulum Test Value* – coeficiente de atrito pontual) será o resultado da média de cinco leituras (aplicar correção decorrente da temperatura medida).

Esta avaliação deverá ser precedida de escovagem da superfície do pavimento com escova de aço, simulando condições de passagem do tráfego, para remoção da película de betume.

O valor médio obtido nas medições deverá cumprir o estabelecido no CETO relativamente ao parâmetro atrito com medição realizada por pêndulo britânico de 60 PTV.

Nota: Em função dos resultados e caso o agregado fino seja de natureza calcária recomenda-se seja ajustada a percentagem da fração fina (2/3 mm), para cumprimento dos valores de conformidade estabelecidos no CETO.

O equipamento de espalhamento e de compactação das misturas betuminosas deverá ser constituído por uma ou mais espalhadoras, de acordo com as necessidades construtivas,

devendo as misturas ser compactadas com cilindros de rolo liso e de peso médio superior ou igual a 10 ton, sem vibração.

A execução dos trabalhos não será iniciada sem que seja aprovada pela Fiscalização a fórmula de trabalho, a metodologia construtiva e de controlo de qualidade.

Pretende assegurar-se um rigoroso e adequado processo produtivo, considerando o fabrico, o transporte, o espalhamento e a compactação da mistura betuminosa.

Características superficiais da camada terminada

Na camada de desgaste, os valores de macrotextura e coeficiente de atrito deverão cumprir o especificado nos Quadros 15.03.2n e 15.03.2o do Volume V:03 – Pavimentação – Capítulo 15.03 do CETO no que se refere ao betão betuminoso rugoso.

Controlo de qualidade

Os ensaios necessários para o controlo de qualidade serão os associados aos itens aplicáveis e especificados no capítulo 14.00 – Controlo de Qualidade do CETO.

Os ensaios preconizados no CETO para o controlo de qualidade das misturas betuminosas, incluem os ensaios de desempenho mecânico da camada de desgaste em serviço.

Para a determinação da percentagem ótima em ligante, deverão realizar-se, em fase experimental (Estudo e Trecho Experimental) os seguintes ensaios de avaliação de desempenho:

- a) Determinação da porosidade e de outras características de compacidade, de acordo com a norma EN 12697-8;
- b) Ensaio de escorrimento de ligante pelo método Schellenberg, de acordo com a norma EN 12697-18;
- c) Ensaio de avaliação da sensibilidade à água, ITSR, de acordo com a norma EN 12697-12;

- d) Ensaio de avaliação da resistência à deformação permanente, de acordo com a norma EN 12697-22.

4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Estes trabalhos medem-se ao m² e a respetiva quantidade é determinada a partir da medição “in situ” da área executada.

5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO

Estas condições técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.01.02.01 - do Mapa-Resumo das Quantidades de trabalho.

R.03.99.02 Rega de Colagem

R.03.99.02.01 Com emulsão betuminosa tipo EA UNE 104231

As cláusulas técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.01.03.01 - do Resumo Geral de Medições – Rega de colagem aniónica do tipo EA UNE 104231.

1 – ÂMBITO

Definem-se no presente documento as Cláusulas Técnicas Especiais (CTE) relativas à aplicação de Rega de colagem aniónica do tipo EA UNE 104231, como parte integrante do sistema de impermeabilização dos viadutos a construir na Variante a Vila Verde.

Em tudo aquilo em que este documento for omissa serão respeitadas as disposições consignadas no Caderno de Encargos Tipo Obra (CETO).

2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

A emulsão deverá cumprir as seguintes características:

Requisitos /Propriedades	Referência normativa	Unidade	Min	Max.
Emulsão original				
Viscosidade Brookfield a 25 °C	NIE-008	mPa·s	500	-
Carga das partículas	UNE-EN 1430		negativa	
Conteúdo em água (em volume)	UNE-EN 1428	%	-	36
Conteúdo em COV	ASTM D2369	g/l	-	30
Resíduo por evaporação a 163 °C (NLT-147)				
Temperatura de amolecimento	UNE-EN 1427	°C	45	--
Recuperação elástica a 25 °C	UNE-EN 13398	%	35	--

3 – PROCESSO CONSTRUTIVO

Previamente à aplicação da rega para execução do sistema de impermeabilização, deverá proceder-se à limpeza da superfície do tabuleiro a fim de eliminar matérias soltas, desagregações e poeiras que possam reduzir os níveis de aderência.

A impermeabilização do tabuleiro irá consistir na aplicação de uma emulsão betuminosa aniônica, do tipo EA UNE 104231, fabricada com betume modificado quimicamente com elastómeros, aplicada diretamente sobre as superfícies limpas do tabuleiro, seguida da aplicação de uma grelha em fibra de vidro pré-revestida de betume oxidado com uma taxa mínima de 250 g/m² e com geotêxtil de polipropileno (PP) não tecido incorporado (20 g/m²), com as características indicadas em 03.99.04, de forma a prevenir a propagação das fissuras.

Armazenagem do material

As embalagens da rega devem permanecer resguardadas da intempérie, para que fiquem protegidas tanto do frio como da exposição solar.

A temperatura de armazenamento não deve ser inferior a 5 °C, uma vez que pode afetar a qualidade do produto.

Uma vez finalizada a utilização tapar bem os recipientes a fim de evitar a evaporação da água.

O tempo máximo de armazenamento recomendado é de 9 meses desde a data de fabrico, nas suas embalagens de origem, bem fechadas e não deterioradas.

Execução dos trabalhos

Previamente à aplicação da emulsão betuminosa, deverá proceder-se à limpeza do pavimento a fim de eliminar matérias soltas, desagregações e poeiras que possam reduzir os níveis de aderência;

Antes de proceder à utilização da emulsão, esta deve ser homogeneizada na sua embalagem de origem.

A aplicação deverá ser executada com rolo, escova ou outro equipamento adequado, garantindo distribuição uniforme da emulsão.

A emulsão deverá ser aplicada pura, com um consumo estimado de 1,5 kg/m², de betume residual, conforme definido em projeto.

É aconselhável aplicar o produto a temperaturas entre 10°C e 35°C, evitando a sua utilização sob condições meteorológicas adversas.

Deve proteger-se a superfície tratada da ação direta do sol.

Os utensílios de trabalho poderão ser limpos com água antes que o produto seque; depois, poderá realizar-se a limpeza com qualquer dissolvente industrial.

4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Estes trabalhos medem-se ao m² e a respetiva quantidade é determinada a partir da medição “in situ” da área executada.

5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO

Estas condições técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.02.01 - do Mapa-Resumo das Quantidades de trabalho.

R.03.99.03 Fornecimento e aplicação de geogrelha de fibra de vidro pré-revestida em betume oxidado.

As cláusulas técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.03 - do Resumo Geral de Medições – Fornecimento e aplicação de grelha em fibra de vidro pré-revestida em betume oxidado.

1 – ÂMBITO

Definem-se no presente documento as Cláusulas Técnicas Especiais (CTE) relativas à aplicação de Geogrelha de Fibra de Vidro pré-revestida em betume, como parte integrante do sistema de impermeabilização do tabuleiro do Pontão 01.01 a construir na Variante a Figueira de Cavaleiros.

Em tudo aquilo em que este documento for omissivo serão respeitadas as disposições consignadas no Caderno de Encargos Tipo Obra da ex-EP, S.A. (CETO; versão Fev.2014).

2 – CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS

As características da Geogrelha de Fibra de Vidro pré revestida em betume oxidado deverão satisfazer o definido na norma EN 15381 e o definido nestas Cláusulas Técnicas Especiais:

- Módulo de elasticidade da fibra (EN 15381):
 - Longitudinal 73 000 N/mm²
 - Transversal 73 000 N/mm²
- Resistência à tração da grelha (EN ISO 10319):
 - Longitudinal 120 kN/m (com $\leq 3\%$ de alongamento)
 - Transversal 120 kN/m (com $\leq 3\%$ de alongamento)
- Extensão de rotura da fibra (EN 15381):
 - Longitudinal $\leq 4,5 \%$
 - Transversal $\leq 4,5 \%$
- Aderência ao corte (método de Leutner modificado): > 12 kN
- Taxa de revestimento de betume mínima 250 g/m²;

O fornecimento do material na obra deve ser acompanhado de certificados de origem e ficha técnica, bem como do boletim de ensaios que caracterize o lote de fabrico.

3 – PROCESSO CONSTRUTIVO

A grelha de fibra de vidro pré-revestida em betume oxidado será aplicada sobre o tabuleiro da Obra de Arte antes da rotura da emulsão betuminosa aniónica, do tipo EA UNE.

Receção do material

Os rolos de grelha de fibra de vidro pré-revestidas em betume oxidado deverão ser fornecidos no local de aplicação, em paletes devidamente fechadas.

Cada rolo deverá estar selado e devidamente identificado com o nome do produto e do fabricante. Deverá ser fornecido o certificado de controlo de qualidade do fabricante, atestando que o produto está de acordo com os requisitos desta especificação.

Na altura da receção do material, deverá ser efetuada a seguinte inspeção visual:

- Contagem das quantidades recebidas;
- Comprovação da identificação das fibras e das dimensões dos rolos;
- Comprovação das datas de validade dos materiais, que deverão estar claramente identificadas;
- Inspeção visual do estado das embalagens recusando aquelas que não se apresentem nas devidas condições.

Armazenagem do material

As grelhas de fibra de vidro pré-revestidas em betume oxidado deverão ser armazenadas em local coberto (protegidas do sol e da chuva), fresco e seco, nas embalagens originais fechadas e agrupadas segundo a identificação.

Execução dos trabalhos

Deverão ser utilizados equipamentos mecânicos adequados a este tipo de trabalho. Deverá ser dada especial atenção aos processos de “termo-colagem” de forma a amolecer o betume

que reveste a grelha, de desenrolamento e de ajuste à superfície do pavimento da geogrelha de fibra de vidro pré-revestida em betume.

A instalação da grelha é promovida por um processo de termo-colagem por intermédio de uma máquina especial de instalação fornecida com o sistema. A grelha depois de colocada no equipamento é desenrolada sobre o pavimento passando sequencialmente por uma chama para amolecimento do betume polimérico que reveste a geogrelha, e por uma bateria de rolos prensa que promovem o ajuste da geogrelha à superfície do pavimento.

Na aplicação da grelha de fibra de vidro deverá cumprir-se os seguintes requisitos:

- A superfície do pavimento deverá estar limpa, seca e isenta de material solto, poeiras, óleo ou qualquer outra matéria estranha;
- A superfície do pavimento deverá estar perfeitamente nivelada;
- A aplicação da grelha será antecedida de uma rega de colagem do tipo “aniónica, do tipo EA UNE, aplicada a uma taxa de 1,50 kg/m², de acordo com o Projeto;
- A grelha deverá ser aplicada sobre a rega de colagem, antes da rotura da emulsão, a fim de promover a adequada aderência entre a grelha e a camada subjacente;
- A aplicação da grelha deverá ser feita recorrendo a equipamentos específicos. A grelha é desenrolada sobre o pavimento (com sobreposição mínima longitudinal de 2 cm e transversal de 15 cm) e compactada com rolos compactadores para promover o ajuste da grelha à superfície do pavimento;
- A grelha adapta-se bem a qualquer raio de curvatura. Em curvas apertadas devem-se executar os cortes necessários para evitar pregas na fibra. Neste caso devem-se executar sobreposições longitudinais com 10 cm;
- Concluída a instalação da grelha, deverá proceder-se à execução das camadas sobrejacentes.

4 – CRITÉRIO DE MEDIÇÃO

Estes trabalhos medem-se ao m² e a respetiva quantidade é determinada a partir da medição “in situ” da área executada.

5 – RÚBRICA DE MEDIÇÃO

Estas condições técnicas especiais aplicam-se à rubrica 03.99.03 - do Mapa-Resumo das Quantidades de trabalho.

Colaboração

Colaboraram neste documento os seguintes elementos:

Direção Técnica:

Duarte Nuno Pereira

Eduardo Mira Fernandes

Coordenação:

Jorge Ferreira

Projeto:

Ricardo Moreira

Eliana Pera

Organização do processo:

Conceição Lima

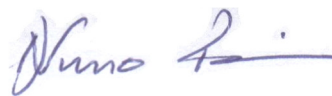
Vila Real, setembro de 2024

Eng.º Civil



(Jorge Ferreira)

P' NRV – A Direção Técnica



(Duarte Nuno Pereira)