

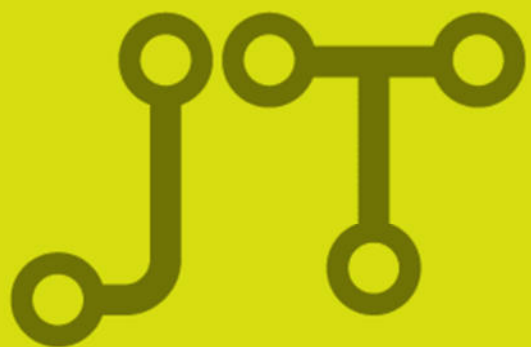
JORNADAS TÉCNICAS

Inovação em Pavimentação

Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

18 de abril de 2023 | 09h00 às 13h00 | Edifício Principal | LNEC





JORNADAS TECNICAS

Inovação em Pavimentação

Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

ESPECIFICIDADES NA PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DA MISTURA COM RAR

CONSTRUÇÕES J.J.R. & FILHOS, S.A.



ESPECIFICIDADES NA PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DA MISTURA COM RAR

- 1. ENQUADRAMENTO**
- 2. SMA 10S COM RAR SURF 50/70 – FABRICO**
- 3. TRECHO EXPERIMENTAL**
- 4. TRECHO DEFINITIVO**
- 5. CONCLUSÕES**

1. ENQUADRAMENTO

1.1. Estudo de Caso

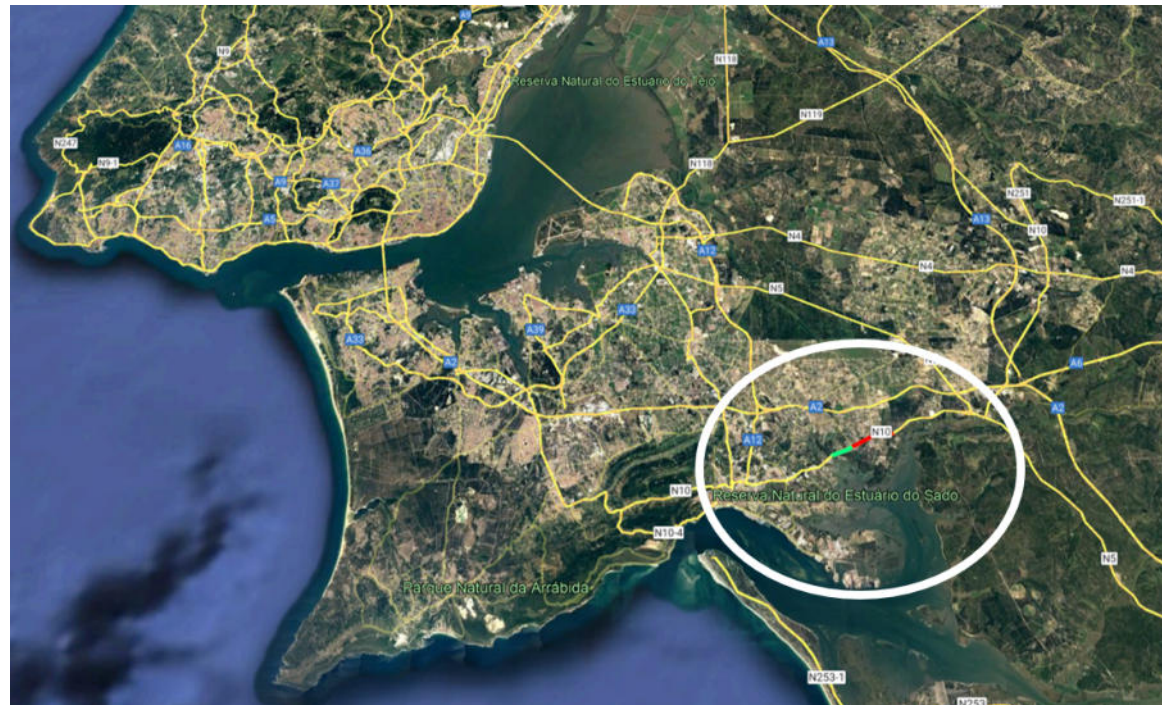
1.2. Solução de Pavimentação

1.1. ESTUDO DE CASO

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

EMPREITADA: “EN10, KM 48+000 AO KM 52+700. BENEFICIAÇÃO. IPV 2021”

LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA: CONCELHOS DE SETÚBAL E PALMELA



1.1. ESTUDO DE CASO

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



SMA 10S COM RAR

AC10 surf PMB 45/80-65 (mBBr)

1.2. SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO

1) Microfresagem total da faixa de rodagem

- Correção longitudinal e transversal de pequenas irregularidades;
- Eliminação de gorduras e/ou outras impurezas que pudessem comprometer uma eficiente ligação da nova camada à estrutura existente e a manter;

2) Fresagem da berma e preenchimento de depressões associadas

3) Saneamentos pontuais do pavimento

- Remoção de raízes de espécies arbóreas;
- Restituição da capacidade de suporte da plataforma em zonas com deformação acentuada;

4) Reforço / Fresagem – tratamento pontual

- Zonas com notório fendilhamento e “pele de crocodilo”;
- Rodeiras não eliminadas com a microfresagem;

1.2. SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO

4) Execução da camada de desgaste, incluindo rega de colagem com emulsão modificada C60BP3TA:

4.1) SMA10S com RAR surf 50/70 (espessura: 0,035m)

4.2) AC10 surf PMB 45/80-65 (mBBr) (espessura: 0,035m)

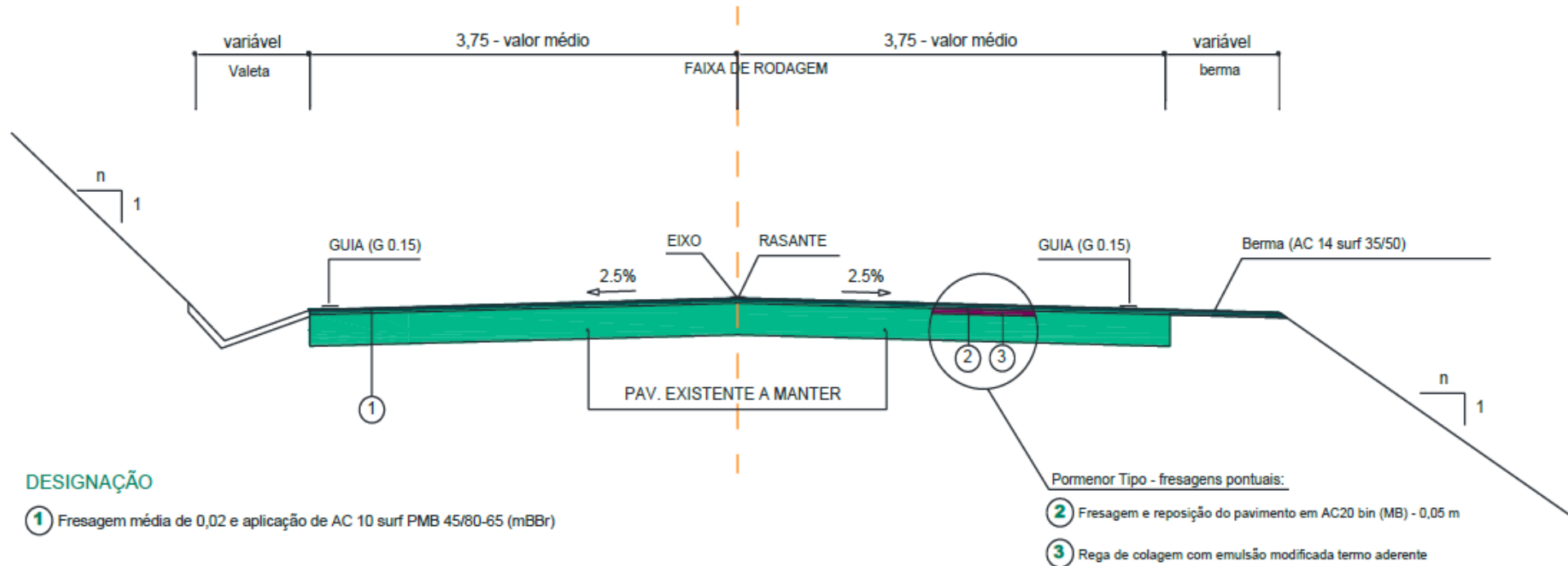
4.3) AC14 Surf 35/50 (BB) (espessura: 0,05m)

1.2. SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO - SANEAMENTO



1.2. SOLUÇÃO DE PAVIMENTAÇÃO – PERFIL TRANSVERSAL TIPO

EN10 - SECÇÃO EM RETA



2. SMA 10S COM RAR SURF 50/70 - FABRICO

2.1. Cláusulas técnicas especiais

2.2. Preparação do fabrico da mistura

2.3. Unidade de fabrico – Características

2.4. Unidade de fabrico – Adaptação mecânica

2.5. Controlo e fabrico da mistura

2.1. CLÁUSULAS TÉCNICAS ESPECIAIS

- RAR – “REACTED AND ACTIVATED RUBBER” (Borracha Reagida e Ativada)
- Mistura super descontínua - SMA10**S**
- Fabrico:
 - Temperatura de 180°C com colocação de RAR armazenado à temperatura ambiente;
- Espalhamento:
 - Com tempo seco;
 - Sem vento forte;
 - **Temperatura ambiente nunca inferior a 15°C;**
 - **Conclusão da compactação da camada a uma temperatura não inferior a 150°C.**
- Compactação:
 - Conjunto de cilindros de rolo liso com peso médio de 10 ton

2.2. PREPARAÇÃO DO FABRICO DA MISTURA

- Aprovisionamento da quantidade total de **RAR** (48 ton) seis meses antes da aplicação da camada:
 - Garantia da homogeneidade do lote aquando da produção da mistura;
 - Garantia de que a Formulação e Estudo de Composição seriam elaborados com o mesmo lote a empregar em obra;

- Receção e caracterização do betume 50/70
 - Garantia do cumprimento das características técnicas previstas;
 - Garantia da utilização de betume do mesmo fornecedor aquando do fabrico final da mistura;

2.3. UNIDADE DE FABRICO - CARACTERÍSTICAS

- CENTRAL ASFÁLTICA DO TIPO CONTÍNUO “ERMONT 160” (Capacidade Nominal 160 Ton/h)

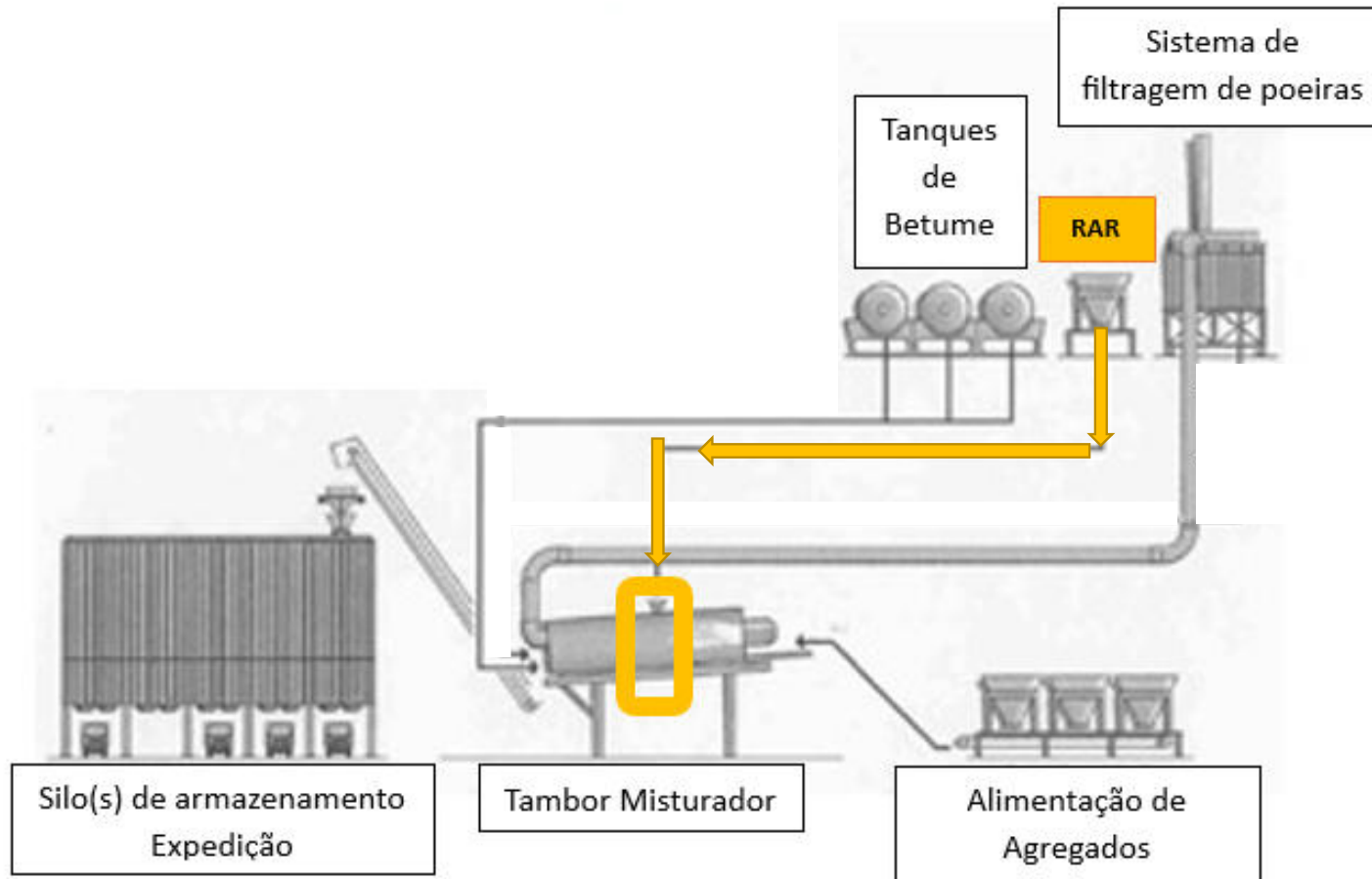
2.3. UNIDADE DE FABRICO - CARACTERÍSTICAS

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



2.4. UNIDADE DE FABRICO - ADAPTAÇÃO MECÂNICA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



2.4. UNIDADE DE FABRICO – ADAPTAÇÃO MECÂNICA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



2.4. UNIDADE DE FABRICO – ADAPTAÇÃO MECÂNICA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



2.4. UNIDADE DE FABRICO – ADAPTAÇÃO MECÂNICA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



2.5. CONTROLO E FABRICO DA MISTURA

- ✓ Aprovação do estudo de composição e fórmula de trabalho
- ✓ Definição da velocidade de fabrico (método iterativo)
- ✓ Realização de amassaduras experimentais (JJR / IP) – Cumprimento CTE

2.5. CONTROLO E FABRICO DA MISTURA

AJUSTE DA PRODUÇÃO - JJR / IP:

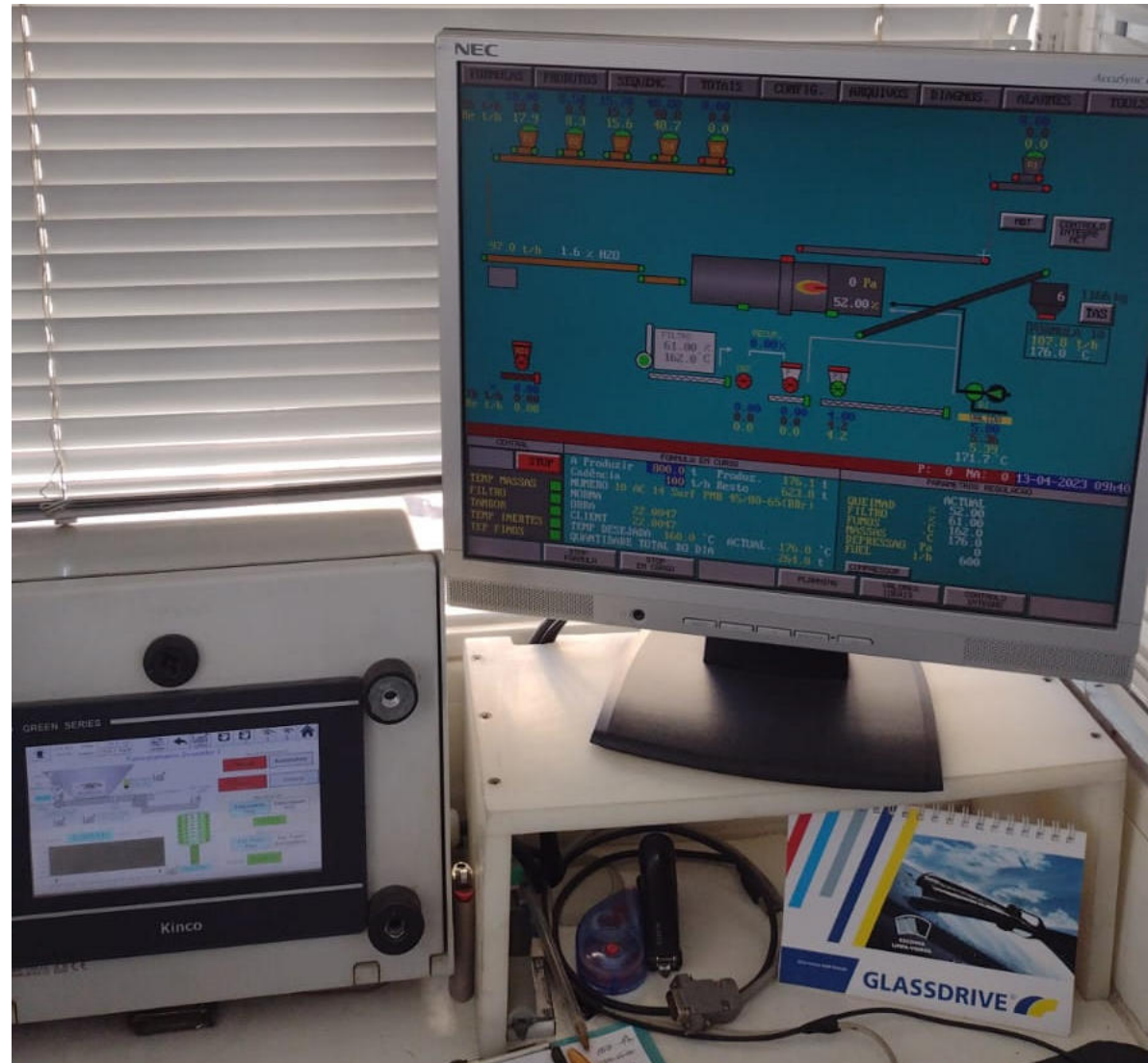


80 ton/h	60 ton/h	70 ton/h
Maior volume de agregado no tambor-misturador	Reduzido volume de agregado no tambor misturador	Volume de agregado no interior do tambor-misturador adequado
Maior índice de ocupação do tambor-misturador;	Baixa ocupação do tambor-misturador	Maior índice de ocupação do tambor-misturador
Insuficiente envolvimento agregado/RAR (velocidade excessiva – acumulação de RAR no final da amassadura)	Melhoria no envolvimento agregado/RAR	Adequado envolvimento agregado/RAR (visível homogeneidade na mistura)

2.5. CONTROLO E FABRICO DA MISTURA

CONTROLO DA CENTRAL ASFÁLTICA

CENTRAL	DOSEADOR
Produção (ton/h)	Caudal (ton/h)
80	3,857
70	3.375



Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



2.5. CONTROLO E FABRICO DA MISTURA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



3. TRECHO EXPERIMENTAL

3.1. Planeamento

3.2. Variáveis para planeamento

3.3. Fabrico da mistura

3.4. Recursos

3.5. Aplicação

3.6. Validação de resultados

3.1. TRECHO EXPERIMENTAL - PLANEAMENTO

- Local;
- Data e Hora (*06abr2022, 14h00m*)
- Recursos;
- Monitorização da previsão das condições climatéricas;

3.2. TRECHO EXPERIMENTAL – VARIÁVEIS PARA PLANEAMENTO

- Localização do trecho experimental – na empreitada – Objetivos:
 - Reproduzir as condições de execução do trecho final definitivo:
 - Distância de transporte da mistura;
 - Temperatura ambiente;
 - Temperatura de aplicação (inerente à distância entre Central e Empreitada)
 - Aplicação sobre a mesma fundação (*eliminação da variável “características da fundação”*)
 - Outras características consideradas:
 - Alinhamento reto;
 - Inexistência de interseções de nível;
 - Via direita – reproduz o sentido de circulação com maior fluxo de carga / viatura;

3.2. TRECHO EXPERIMENTAL – VARIÁVEIS PARA PLANEAMENTO

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

EN10 (L=4,00m)	48,152	48,162	48,172	48,182	48,192	48,202	48,212	48,222	48,232	48,242	48,252	48,262	48,272	48,282	48,292
TRECHO	0,000	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,060	0,070	0,080	0,090	0,100	0,110	0,120	0,130	0,140
BE															
VE															
VD															
BD															

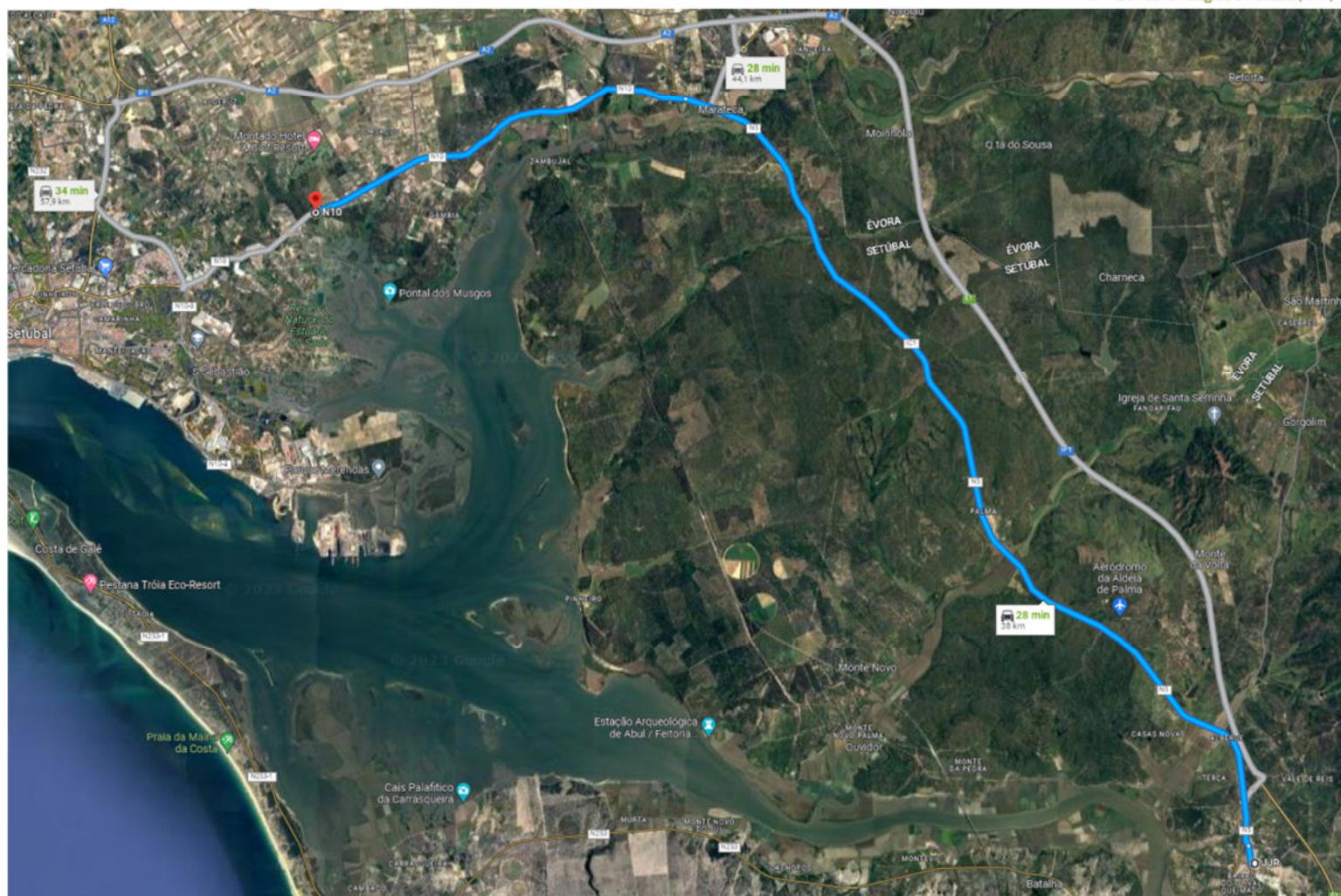
Fresagem	3,5 cm			4 cm	6 cm
Reposição AC4	Não aplicado			0,5 cm	0,5 cm
SMA10S RAR	3,5 cm				5,5 cm

Mistura	Quantidade teórica (ton)
SMA10S RAR	42,28

3.2. TRECHO EXPERIMENTAL – VARIÁVEIS PARA PLANEAMENTO

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

- Distância à central: 38 kms
- Duração do transporte: 28 min + 25% = ± 35 min



3.3. TRECHO EXPERIMENTAL - FABRICO DA MISTURA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



3.3. TRECHO EXPERIMENTAL - FABRICO DA MISTURA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



3.3. TRECHO EXPERIMENTAL - FABRICO DA MISTURA

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



3.4. TRECHO EXPERIMENTAL - RECURSOS

LOCAL	EQUIPAMENTO	MÃO DE OBRA
Centro de Produção (Alcácer do Sal)	Central asfáltica ERMONT 160 Pá Carregadora	1 operador 1 manobrador 1 encarregado de produção 2 técnicos de laboratório 1 encarregado de manutenção industrial
Frente de aplicação	Camião com cisterna e sistema de rega Pavimentadora VOGELLE SUPER 1800-i; Cilindro de dois rolos HAMM HD 90i (9,5 ton); Cilindro de dois rolos HAMM HD 110 (10,6 ton); Cilindro de dois rolos HD14 (4,4 ton) – Reserva; Mini-pá carregadora com vassoura Trator com cisterna aspersora de água; 2 Camiões de carga (transporte de misturas betuminosas). Compressor com soprador pneumático	1 encarregado de pavimentação 1 encarregado de fresagem e preparação 1 motorista de pesados / operador 6 manobrador 6 operários 2 motoristas de pesados



em Pavimentação
Estuminosas
Reagida e Ativada (RAR)

3.4. TRECHO EXPERIMENTAL - RECURSOS

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)





Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Trabalho em Pavimentação
Betuminosas
Máquina Reagida e Ativada (RAR)

3.4. TRECHO EXPERIMENTAL - RECURSOS

EQUIPAMENTOS

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



3.4. TRECHO EXPERIMENTAL - RECURSOS

EQUIPAMENTOS

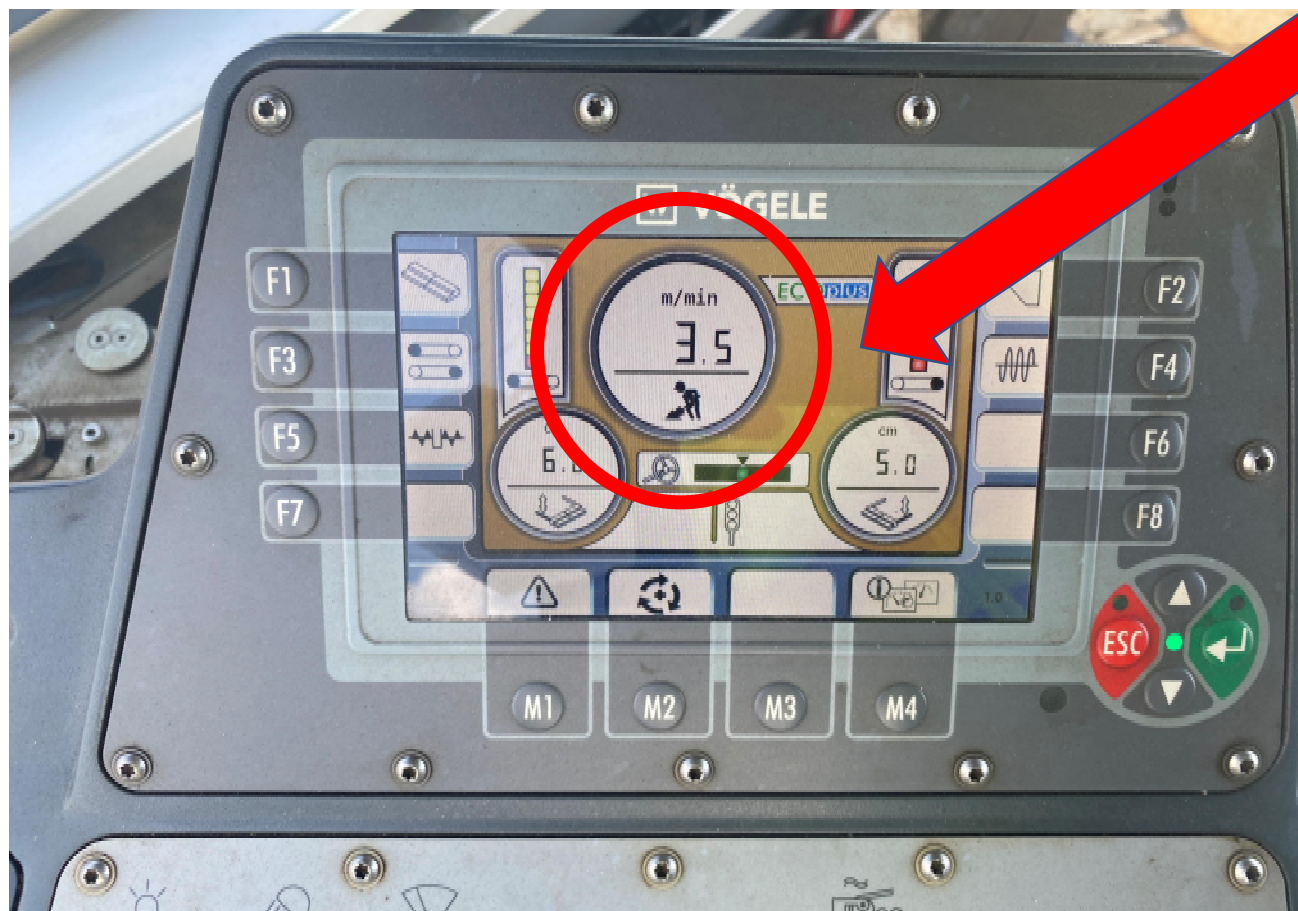
Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



3.5. TRECHO EXPERIMENTAL – APLICAÇÃO

Inovação em Pavimentação
Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)

- Espalhamento da mistura – definida uma velocidade 3,5 m/min



3.5. TRECHO EXPERIMENTAL – APLICAÇÃO

- Compactação da camada:
 - ✓ Cilindro HAMM HD90i: 2 passagens (não afastadas mais que 10 metros da espalhadora)
 - ✓ Primeira passagem com vibração
 - ✓ Segunda passagem estática
 - ✓ Cilindro HAMM HD110: 5 passagens
 - ✓ Estáticas
- Conclusão da compactação da camada com uma temperatura não inferior a 150°C.



3.6. TRECHO EXPERIMENTAL – VALIDAÇÃO DE RESULTADOS

- ✓ Validação dos resultados obtidos nos ensaios laboratoriais;

- ✓ **Planeamento da execução final e definitiva:**
 - ✓ Execução programada para os dias **19 e 20 de Abril de 2022**

4. TRECHO DEFINITIVO

4.1. Variáveis para planeamento

4.2. Ciclo de transporte

4.3. Ciclo de transporte – meios a alocar

4.4. Planeamento final JJR / IP

4.5. Aplicação

4.1. TRECHO DEFINITIVO - PLANEAMENTO

VARIÁVEIS PARA PLANEAMENTO CONJUNTO JJR / IP

- Extensão do trecho definitivo: 1.500 m (Via Esquerda + Via Direita)
- Quantidade de mistura:
 - ✓ **SMA10S COM RAR surf 50/70: 973,00 ton**
- **Velocidade de fabrico** definida previamente em **70 ton/h**
 - ✓ $973,00 \text{ ton} / 70 \text{ ton/h} = 13,90 \text{ horas} \cong 2 \text{ dias de trabalho} \rightarrow 487,00 \text{ ton/dia}$

4.1. TRECHO DEFINITIVO - PLANEAMENTO

VARIÁVEIS PARA PLANEAMENTO CONJUNTO JJR / IP

- ✓ Eliminar a aplicação com junta transversal → **1 dia / via em jornada de trabalho contínua**
 - ✓ Dia 19abr2022 → Via Direita (487,00 ton)
 - ✓ Dia 20abr2022 → Via Esquerda (487,00 ton)

- ✓ Condições de circulação em segurança:
 - ✓ **Espessura 0,035m** → camada de espessura reduzida (ressalto longitudinal reduzido)
 - ✓ **Não condiciona a execução a uma via / dia**
 - ✓ **CONCLUSÃO: VALIDADO O FASEAMENTO DE UMA VIA / DIA DE TRABALHO**

4.2. TRECHO DEFINITIVO – CICLO DE TRANSPORTE / CARGA

FABRICO	30 min
CARGA	30 min
TRANSPORTE	35 min
DESCARGA	30 min
RETORNO	35 min
Σ	160 min 2h 40min

4.3. TRECHO DEFINITIVO – TRANSPORTE

MEIOS A ALOCAR

- ✓ Quantidade a transportar / dia: **487,00 ton**
- ✓ Ciclo de transporte / camião: 160 min
- ✓ Quantidade / carga: 32 ton
- ✓ Número de cargas: $\frac{487,00 \text{ ton}}{32 \text{ ton/carga}} = 15,22 \text{ cargas} \cong \mathbf{16 \text{ cargas}}$
- ✓ Duração da jornada do período de transporte: 7,50 horas \cong 450 minutos
- ✓ Número de ciclos de transporte / camião: $\frac{450 \text{ minutos}}{160 \text{ minutos}} = 2,81 \text{ ciclos} \cong \mathbf{2 \text{ ciclos/camião}}$
 - ✓ (2 ciclos incluem reserva temporal para imprevistos e cumprimento de horários de condução)
- ✓ Número de camiões para transporte: $\frac{16 \text{ cargas}}{2 \text{ ciclos/camião}} = \mathbf{8 \text{ camiões}}$

4.5. TRECHO DEFINITIVO – APLICAÇÃO

PRIMEIRO DIA – 19ABR2022



Aplicação em Pavimentação
de Misturas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Operação em Pavimentação
de Camadas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Medição em Pavimentação
Misturas Betuminosas
Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Aplicação em Pavimentação
de Misturas Betuminosas
Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Aplicação em Pavimentação
de Borrachas Betuminosas
Borracha Reagida e Ativada (RAR)

4.5. TRECHO DEFINITIVO – APLICAÇÃO

SEGUNDO DIA – 20ABR2022



Operação em Pavimentação
de Camadas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Operação em Pavimentação
de Camadas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Operação em Pavimentação
de Camadas Betuminosas
com Borracha Reagida e Ativada (RAR)



Aplicação em Pavimentação
de Betuminosas
de Borracha Reagida e Ativada (RAR)

5. CONCLUSÕES

CONDICIONANTES	MEDIDAS APLICADAS
<u>Aprovisionamento</u>	Encomenda e receção de RAR
<u>Estudo e formulação</u>	Elaboração de estudo de composição Definição da fórmula de trabalho
<u>Adaptação da Unidade Industrial</u>	Acréscimo de um silo doseador para aditivos sólidos (RAR) Calibração do variador / doseador Amassaduras experimentais / Transposições Trecho experimental
<u>Fabrico contínuo</u>	Reforço da equipa abastecimento e operação da central expedição de cargas
<u>Acondicionamento da carga</u>	Reforço da equipa (2 operários) limpeza constante do carro elevatório (central) limpeza constante das caixas de carga
<u>Aplicação contínua</u>	Reforço da equipa (6 operários) operação dos equipamentos em alternância de horário Reforço da equipa (6 operários) controlo das intersecções de nível regulação de tráfego sinalização
<u>Cura e estabilização da mistura</u>	Equipamento com cisterna de água aspersão em leque da camada

AGRADECIMENTOS



- Desafio e Investimento no conhecimento de novas soluções de pavimentação;
- Abertura à inovação com vista à contínua melhoria de um serviço público de qualidade;
- Seus representantes, pelo incansável esforço e dedicação na preparação e acompanhamento conjunto, assim como na definição, ajuste de soluções e planeamento;
- **Administração:**
 - Oportunidade concedida aos colaboradores - participação em projetos inovadores;
 - Desafio e responsabilidade: ter colocado à disposição todos os recursos, sem exceção, para garantia da boa execução e decurso dos trabalhos.
- **Colaboradores:**
 - Pelo seu total empenho e inquestionável dedicação, empregues desde a nomeação para execução do projeto até à sua conclusão:
 - Manutenção;
 - Laboratório;
 - Fabrico;
 - Produção (Obra);
 - Gestão de obra (D.P.; Enc. Geral, QAS).