

ESTUDO E APLICAÇÃO DE MISTURA BETUMINOSA WARM MIX COM RAP E BETUME ADITIVADO EM FÁBRICA

Tiago Ribeiro, Engenheiro de Controlo de Qualidade na Tecnovia, SA

Nuno Fernandes, Gestor de Controlo de Qualidade na Tecnovia, SA

Pedro Oliveira Nunes, Diretor de Misturas Betuminosas na Tecnovia Indústria, SA

María Elena Bautista, Engenheira de Asfaltos na Repsol, SA



SUSTENTABILIDADE DAS MISTURAS BETUMINOSAS

Consumo de recursos naturais

A produção de agregados minerais e de betume implica a extração de recursos, e é energeticamente dispendiosa

Emissão de gases com efeitos de estufa

Dada a conjuntura técnica atual, o processo de aquecimento, necessário durante a produção está diretamente ligado à queima de combustíveis fósseis



WARM MIX ASPHALT COM RAP

Redução da temperatura de fabrico

- Reduz diretamente o consumo de combustíveis fósseis em central
- Reduz o envelhecimento do betume
- Aumenta a flexibilidade da produção

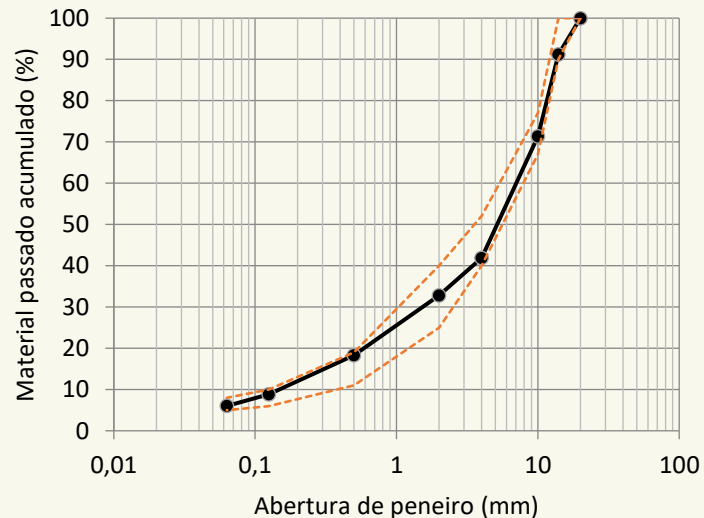
Incorporação de material reciclado

- Reaproveita materiais já extraídos, com ênfase na poupança de recursos associada ao ligante
- É potenciada pela redução da temperatura de fabrico

FORMULAÇÃO DA MISTURA

AC 14 surf 35/50 (BB)
(RAP30 WMA REJUV)

- Com base na mistura AC 14 surf (BB) definida no CETO-IP
- Adaptação de uma mistura de desgaste do tipo AC 14 com 10% de RAP já produzida na central de Évora



BETUME REPSOL REJUV BT

Ligante betuminoso aditivado de fábrica

- Ligante base de classe de penetração 35/50
- São adicionados dois aditivos: rejuvenecedor e redutor de temperatura de fabrico
- Aditivado em refinaria, sendo adaptado à produção em questão



VALIDAÇÃO LABORATORIAL

Parâmetros empíricos e de desempenho

Foram caracterizados tanto parâmetros típicos do CETO-IP e tradicionalmente utilizados para discutir misturas betuminosas, como outros mais diretamente ligados à reologia da mistura

Parâmetro	Média Tecnovia e Repsol	Requisito
Estabilidade Marshall [kN]	14,9	7,5 a 21
Deformação Marshall [mm]	3,1	2 a 4
Quociente Marshall [kN/mm]	4,8	≥ 3

VALIDAÇÃO LABORATORIAL

Parâmetros empíricos e de desempenho

Foram caracterizados tanto parâmetros típicos do CETO-IP e tradicionalmente utilizados para discutir misturas betuminosas, como outros mais diretamente ligados à reologia da mistura

Parâmetro	Média Tecnovia e Repsol	Requisito
Baridade [kg/m ³]	2415	-
Baridade Máxima Teórica [kg/m ³]	2506	-
Porosidade [%]	3,7	3,0 a 5,0
Vazios na Mistura de Agregados [%]	15,3	≥ 14

VALIDAÇÃO LABORATORIAL

Parâmetros empíricos e de desempenho

Foram caracterizados tanto parâmetros típicos do CETO-IP e tradicionalmente utilizados para discutir misturas betuminosas, como outros mais diretamente ligados à reologia da mistura

Parâmetro	Média Tecnovia e Repsol	Requisito
IRC [%]	93,2	≥ 80%
ITSR [%]	91,7	≥ 85%

VALIDAÇÃO LABORATORIAL

Parâmetros empíricos e de desempenho

Foram caracterizados tanto parâmetros típicos do CETO-IP e tradicionalmente utilizados para discutir misturas betuminosas, como outros mais diretamente ligados à reologia da mistura

Parâmetro	Média Tecnovia e Repsol	Requisito
WTS_{air} [mm/10 ³ ciclos]	0,085	≤0,15 ^(a)
PRD_{air} [%]	4,2	≤5 ^(a)
ϵ_6 [4PBT, μ m]	176,6	(173) ^(b)
Fadiga ITS [ciclos]	98 677	-
Módulo de Rigidez [4PBT, 8 Hz, MPa]	4 872	-

(a) - Ministerio de Fomento, "Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, PG-3 - TABLA 542.13.a," Secretaría General Técnica, Madrid, Espanha, 2012.

(b) - Antunes, V., Neves, J., e Freire, A. C., "Could high RAP mixtures be multi-recycled? Validation through long-term performance assessment," Transportation Engineering, vol. 14, 2023. doi: 10.1016/j.treng.2023.100215.

VALIDAÇÃO EM TRECHO EXPERIMENTAL



VALIDAÇÃO EM TRECHO EXPERIMENTAL



EXECUÇÃO DO TRECHO EXPERIMENTAL

Produção e aplicação

- A produção teve lugar numa central do tipo contínuo, com fabrico a 140 °C, e compactação a 130 °C
- Com base na mesma curva, foi produzida um mistura mais fina e outra mais grosseira
- Foram definidas 3 zonas com crescentes energias de compactação para cada via



VALIDAÇÃO EM TRECHO EXPERIMENTAL



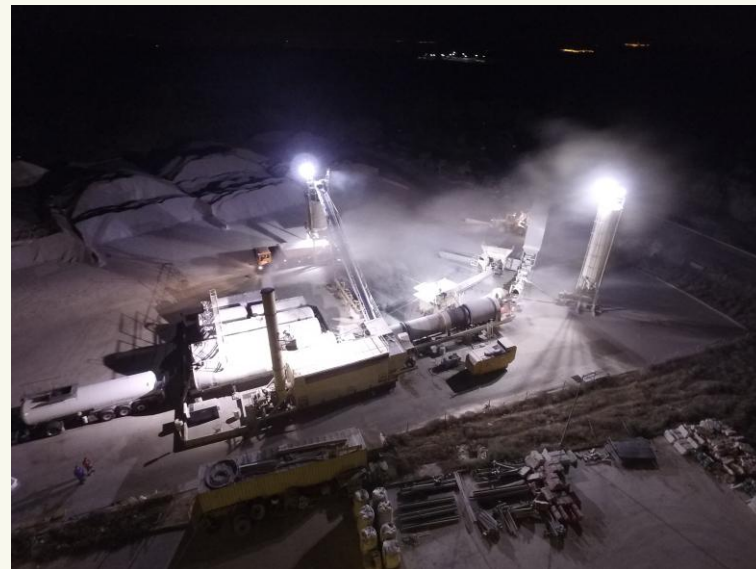
RESULTADOS DE CAMPO

Via	Energia de compactação	Grau de compactação	Porosidade
1 (mistura fina)	Baixa	97,4 %	3,7 %
	Média	97,3 %	3,7 %
	Alta	95,6 %	5,4 %
2 (mistura grosseira)	Baixa	94,8 %	7,0 %
	Média	96,0 %	5,8 %
	Alta	97,6 %	4,3 %

DESEMPENHO AMBIENTAL

Redução de consumos

- Na produção de WMA, a central da Tecnovia Indústria em Viseu registou um decréscimo de 20 % no consumo de combustível
- Face à mistura com 10% RAP, existe uma redução no consumo de betume de 22% e no consumo de agregados de 31%



DESEMPENHO AMBIENTAL

Redução de emissões

- As emissões na frente de pavimentação são notoriamente inferiores, sendo registada na literatura uma redução de 78% na emissão de PM_{2,5} com este tipo de misturas ^(c)
- Decréscimo de 30,3% nas emissões de CO₂_{eq} por tonelada de mistura quando comparando AC 14 com 10% RAP com AC 14 WMA com 30% RAP produzidos na Central do Escarpão



CONTINUAÇÃO DOS TRABALHOS

Redução de consumos

- Investigação da composição do ligante recuperado – análise SARA
- Monitorização da evolução do pavimento



OBRIGADO!

CONTACTOS

tiago.ribeiro@tecnovia.pt

+351 910 931 332

