

LIGANTES BETUMINOSOS TEMPERADOS

Teresa Carvalho¹, Ignacio Perez Barreno²

¹ Cepsa Portuguesa Petróleos S.A., Obras Públicas, Rua General Firmino Miguel nº3 – Torre 2 – 2º andar, 1600-100 Lisboa, Lisboa, Portugal

email: teresa.carvalho@cepsa.com <http://www.cepsa.pt>

² PROAS, Departamento de Desarrollo, Avda Ribera del Loira, 28042 Madrid, Madrid, Espanha

Sumário

A diminuição do consumo de combustíveis e a consequente redução de emissão de gases poluentes é um dos desafios que a sociedade enfrenta aos dias de hoje. No fabrico de misturas asfálticas a quente o maior consumo de combustíveis está ligado ao aquecimento dos seus componentes (agregados e ligante). Uma diminuição das temperaturas de fabrico implica diminuição do consumo de combustíveis e das emissões de CO₂, levando a uma poupança a nível económico. No presente artigo, o objetivo principal é descrever a experiência adquirida no desenvolvimento de ligantes betuminosos temperados e na sua utilização no fabrico de misturas temperadas.

Palavras-chave: Inovação; Ambiente; Poupança;

1 Introdução

O respeito pelo meio ambiente é uma das bases sobre a qual se desenvolve a nossa sociedade atual, sendo a diminuição do consumo de combustíveis fósseis e das emissões de gases de efeito estufa, um dos objetivos mais procurados.

No caso do fabrico de misturas asfálticas, o maior consumo de combustível dá-se durante o aquecimento dos agregados, pelo que uma diminuição das temperaturas de fabrico e do espalhamento das misturas asfálticas implica uma importante diminuição do consumo de combustíveis com a consequente redução de emissões e poupança a nível económico.

Nos últimos anos têm-se efetuado diferentes aproximações por forma a encontrar esta diminuição de temperaturas, tanto modificando os processos de fabrico das misturas (agregados húmidos), adicionando diferentes tipos de produtos (zeólitas) como utilizando ligantes especiais (betumes temperados e emulsões para misturas semi-quentes). Na Figura 1. pode verificar-se os diferentes tipos de misturas consoante a temperatura a que se fabricam.

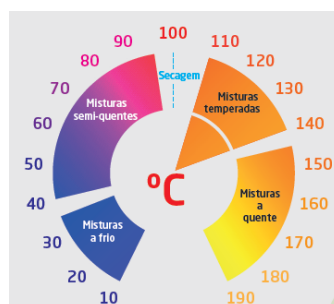


Figura 1. Tipos de misturas por temperatura de fabrico

As misturas “semi-quentes”, que consistem no fabrico de misturas com emulsão betuminosa a temperaturas por volta dos 80 °C e as misturas “temperadas” que utilizam betumes com propriedades específicas que permitem fabricar misturas a quente a temperaturas inferiores às habituais (até menos 40 °C), são as que mais importância têm tido na inovação dos ligantes e nas quais a Cepsa tem uma maior experiência.

No presente artigo vamos expor os resultados da Cepsa no desenvolvimento dos betumes temperados (tradicionais e modificados) e as diversas experiências em obra realizadas com os mesmos.

2 BETUMES TEMPERADOS

Os betumes temperados são especialmente formulados de forma a permitirem reduzir as temperaturas de fabrico e de espalhamento, temperaturas estas que podem ser reduzidas em 40 °C, sem que percam as suas características mecânicas.

Dependendo do tipo de aditivo utilizado, a sua reologia pode variar face aos betumes convencionais. Assim, a utilização de ceras implica uma alteração da viscosidade dos betumes, passando a sua viscosidade a ser inferior à dos betumes convencionais (sempre que as temperaturas se situem acima dos 100 °C), permitindo reduzir as temperaturas de fabrico e de colocação em obra. Abaixo dos 100 °C a sua viscosidade aumenta, dando lugar a betumes com maior temperatura de amolecimento e ainda que mantendo boas propriedades, não cumprem a norma EN 12591.

Existem outros tipos de aditivos (tensioativos) que funcionam através da redução da tensão superficial na interface agregado/ligante e que não alteram em nada a reologia do ligante, com a vantagem de cumprir a norma EN 12591 e consequentemente ter a correspondente marcação CE. Este artigo refere-se a este tipo de betumes.

2.1 Os vários tipos de Betumes Temperados

A Cepsa desenvolveu uma ampla e completa gama deste tipo de ligantes, na qual se incluem os betumes tradicionais e os modificados com polímeros.

Os betumes tradicionais BT (baixa temperatura), são betumes que cumprem a norma EN 12591 e têm a correspondente marcação CE. Todas as suas propriedades reológicas, assim como as temperaturas de manuseio e bombeio são idênticas às dos betumes tradicionais 35/50 e 50/70, diminuindo unicamente as temperaturas de fabrico das misturas, tal como se pode verificar no Quadro 1.

Quadro 1. Temperaturas orientativas para utilização de betumes temperados

	Betume BT 35/50	Betume BT 50/70
T ligante	155°C-160°C	150°C-160°C
T agregados	> 125°C	> 125°C
T mistura	> 125°C	> 125°C
T compactação	> 115°C	> 115°C

Quanto aos betumes temperados modificados com polímeros, estes cumprem as especificações da norma EN 14023 para betumes modificados. Pode-se verificar as características dos betumes modificados temperados do tipo PMB 45/80-65 e PMB 45/80-75 nos Quadros 2. e 3., respetivamente.

Quadro 2. Propriedades PMB 45/80-65

Característica	Unid	Norma	mín.	máx.
Betume Original				
Penetração (25 °C; 100 g; 5s)	0,1 mm	EN 1426	45	80
Temp Amolecimento	°C	EN 1427	65	
Ponto de fragilidade Fraass	°C	EN 12593	-	-15
Estabilidade ao armazenamento: • Diferença Temp de amolecimento • Diferença penetração (25 °C)	°C	EN 13399 EN 1427	-	5
	0,1 mm	EN 1426	-	9
Recuperação elástica a 25 °C	%	EN 13398	70	-
Temp de inflamação	°C	EN 2592	235	-
Força Ductilidade	J/cm ²	EN 13598	3	-
		EN 13703		
Resíduo depois de película fina				
Variação de massa	%	EN 12607-1	-	1,0
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	% p.o.	EN 1426	60	-
Δ temp de amolecimento	°C	EN 1427	-	10
Temperaturas orientativas de trabalho				
T ligante	°C		155	165
T agregados	°C		130	140
T mistura	°C		130	140
T compactação	°C		125	-

Quadro 3. Propriedades PMB 45/80-75

Característica	Unid	Norma	mín.	máx.
Betume Original				
Penetração (25 °C; 100 g; 5s)	0,1 mm	EN 1426	45	80
Temp de amolecimento	°C	EN 1427	75	
Ponto de fragilidade Fraass	°C	EN 12593	-	-15
Estabilidade ao armazenamento: • Diferencia Temp amolecimento • Diferencia penetração (25 °C)	°C	EN 13399	-	5
		EN 1427		

	0,1 mm	EN 1426	-	13
Recuperação elástica a 25 °C	%	EN 13398	80	-
Temp de inflamação	°C	EN 2592	235	-
Força Ductilidade	J/cm ²	EN 13598 EN 13703	3	-
Resíduo após película fina				
Variação de massa	%	EN 12607-1	-	1,0
Penetração (25 °C; 100 g; 5 s)	% p.o.	EN 1426	60	-
Δ temp de amolecimento	°C	EN 1427	-	10
Temperaturas orientativas de trabalho				
T ligante		°C	175	185
T agregados		°C	130	140
T mistura		°C	135	145
T compactação		°C	130	-

3 APLICAÇÕES

3.1 Misturas temperadas

As misturas temperadas são a principal aplicação deste tipo de ligantes que consiste na produção de misturas cujo fabrico e espalhamento são exatamente iguais aos das misturas convencionais reduzindo, no entanto, a temperatura de aquecimento dos agregados até 40 °C (misturas de baixo consumo de combustível e baixas emissões).

3.2 Misturas fabricadas a temperaturas convencionais

As propriedades especiais deste tipo de ligantes, permitem que as misturas betuminosas fabricadas a temperaturas convencionais incrementem a gama de temperaturas de compactação. Este fato permite maiores tempos de transporte, desde a central até ao local de espalhamento, e permite também o espalhamento em condições adversas (baixa temperatura ambiente, túneis, etc.).

4 VANTAGENS

As principais vantagens da utilização dos betumes de baixa temperatura estão associadas à sua utilização em misturas temperadas e à redução da temperatura de fabrico face às temperaturas habitualmente envolvidas no fabrico das misturas a quente.

4.1 Redução do consumo de combustível

A redução da temperatura de fabrico das misturas betuminosas implica uma poupança económica devido ao menor consumo de combustível que, dependendo do tipo e principalmente do grau de humidade dos agregados, pode oscilar entre valores de 25 a 35%. Esta poupança depende, igualmente, do preço do combustível a cada momento, mas pode-se afirmar que os valores envolvidos serão de cerca de um euro por tonelada de mistura produzida, nalguns casos chegando a valores superiores.

4.2 Redução das emissões

Ao se reduzir o consumo de combustível, está-se igualmente a efetuar uma importante diminuição das emissões de gases (Quadro 4.). O CO₂ emitido reduz-se entre 25 e 40%, contribuindo para a redução dos gases de efeito estufa que tanta influência parecem ter nas alterações climáticas. O mesmo ocorre para as emissões de CO e NO_x.

Quadro 4. Diferença de emissões entre uma mistura a quente e uma temperada

	Mistura a quente	Mistura temperada	Diferença
Temperaturas	155°C-165°C	110°C-120°C	45 °C
Temperatura gases (°C)	65,6	50,3	- 15°C
CO₂ (%)	2,12	1,59	- 25 %
CO (ppm)	217	151,6	- 30 %
NOx (mg/m³ eg. NO₂)	26,8	21,5	- 25 %
Pó (mg/m³) ambiental	168	21	- 88 %

4.3 Melhoria na trabalhabilidade

A possibilidade de manusear e espalhar estas misturas temperadas tem, para além de mais, outras implicações, podendo aumentar-se os tempos de transporte e a margem de temperaturas de compactação sem hipotecar bons resultados.

4.4 Fabrico e espalhamento convencionais

Uma das grandes vantagens desta técnica é o fato de não necessitar de nenhuma adaptação da central ou do equipamento de espalhamento e compactação, pois tanto o fabrico da mistura como o seu espalhamento e compactação efetuam-se de forma igual ao de uma mistura a quente, com a única diferença de aquecer os agregados a uma temperatura inferior.

4.5 Qualidade igual à das misturas a quente

É importante destacar as boas propriedades obtidas nos pavimentos, utilizando neste tipo de misturas asfálticas os betumes temperados. Estas são completamente equivalentes às de uma mistura a quente convencional e comprovadas através das várias experiências efetuadas ao longo do tempo e que serão descritas deste artigo.

5 EXPERIÊNCIA EM OBRA

Foram realizadas e acompanhadas diferentes experiências com este tipo de ligantes, tendo os resultados sido muito positivos, inclusive nos casos realizados em condições atmosféricas bastante desfavoráveis.

5.1 Estrada GI 4141 (Asteasu, Guipúzcoa)

Obra realizada em colaboração com a Diputación Foral de Guipúzcoa. Foi efetuado o espalhamento de uma mistura AC 16 Surf com 5,2% de betume tradicional BT. As temperaturas de fabrico situaram-se entre os 130 e 140 °C, baixando na compactação até os 120 °C.



Figura 2. Detalhe da compactação da mistura

As condições meteorológicas foram bastante desfavoráveis, com vento e chuva. Condições mais desfavoráveis do que é recomendável para o espalhamento de misturas convencionais.

Efetou-se igualmente o espalhamento com uma mistura convencional mas em condições iguais às habituais. Os resultados obtidos foram semelhantes (Quadro 5.)

Quadro 5. Resultados dos ensaios às misturas

Propiedade	Unidade	Betume 50/70 BT	Betume 50/70
Baridade aparente da amostra	g/cm ³	2,315	2,332
Baridade aparente em central	g/cm ³	2,397	2,364
Compactação*	%	96,6	98,6
Estabilidade Marshall	KN	9,4	9,9
Pista de laboratório			
V _[105-120 min]	10 ⁻³ mm/min	2,4	1,3
Módulo dinâmico (20° a 10HZ)			
Módulo	MPa	6449	5572
Angulo de fase	°	18,2	16,8
Fadiga em deformação			
ε _σ extensão de tração (10 ⁻⁶)	-	134	113
R ²	-	0,90	0,89

*Toma-se como referência a baridade de Marshall

5.2 Estrada N 420 (Gandesa, Tarragona)

Obra realizada em colaboração com o Ministério de Fomento. A obra consistia na reparação da travessia de Gandesa com fresado e reposição. Fez-se o espalhamento de uma mistura AC 22 Surf D com 4,8% de betume BT.



Figura 3. Detalhe da compactação da mistura

As temperaturas de fabrico estiveram entre os 130 °C e os 140 °C baixando a compactação até os 110 °C. As condições meteorológicas foram bastante desfavoráveis, com vento e temperaturas abaixo dos 10 °C.

O resultado final foi muito bom, observando-se uma boa trabalhabilidade das misturas, obtendo-se sem qualquer dificuldade a compactação requerida.

No Quadro 6. verificam-se os valores de compactação obtidos com a mistura temperada, comparando-os com a densidade de referência obtida para uma mistura a quente convencional. Como se pode verificar, a mistura temperada, compactada a 135 °C chega a um valor de compactação de 99,5% que vai baixando conforme se reduz a temperatura de compactação.

Quadro 6. Grau de compactação

	T Comp. (°C)	Baridade aparente (g/cm ³)	Compactação (%)
B 35/50	150	2,450	100
B 35/50 BT	135	2,437	99,5
B 35/50 BT	115	2,379	97,1
B 35/50 BT	110	2,331	95,1

5.3 Estrada CL 612 (Medina de Rioseco-Villafrecós, Valladolid)

Obra realizada em colaboração com a Junta de Castilla y Leon e Heergonsa. A obra consistia no espalhamento de uma camada de 4 cm de mistura AC 16 Surf com 5,0% de betume 50/70 BT.

As temperaturas de fabrico estiveram entre os 120 e 153 °C baixando até os 110 °C.



Figura 4. Detalhe do fabrico da mistura

As condições meteorológicas foram boas, com temperaturas superiores aos 30 °C. Novamente o resultado final foi excelente, não encontrando diferenças entre a mistura fabricada com betume convencional e a fabricada com betume BT 50/70.

Nesta ocasião realizaram-se medidas de emissões e de consumo de combustível (Quadro 7.) que demonstram uma importante redução das emissões de gases efeito estufa (40% no caso de CO₂) e uma poupança de 26% do consumo de combustível. Esta medição fez-se comparando a produção de uma mistura idêntica mas utilizando betume convencional e a mistura utilizando betume temperado.

Quadro 7. Redução de consumos e emissões

	Redução
CO₂	40 %
CO	7 %
Partículas	71 %
Combustível	26 %

Para confirmar o bom desempenho da mistura espalhada, efetuou-se o ensaio Marshall a diferentes temperaturas de fabrico da mistura e compararam-se as suas propriedades mecânicas e volumétricas com as de uma mistura a quente convencional. Os dados obtidos encontram-se no Quadro 8, onde se pode observar que as densidades e vazios da mistura obtidos são muito semelhantes entre os dois tipos de misturas.

Quadro 8. Resultados do ensaio Marshall

Marshall	T agreg (°C)	T Comp. (°C)	Baridade aparente (g/cm ³)	Estabilidade (KN)	Vazios da mistura (%)
B 50/70	150	150	2,340 (100%)	13,9 (100%)	4,72 (100%)
B 50/70 BT	135	135	2,337 (99,8 %)	12,7 (91,4 %)	4,81 (101,9 %)
B 50/70 BT	125	125	2,45 (100,2 %)	12,9 (92,8 %)	4,36 (92,4 %)

5.4 Auto estrada A 6 (Palencia)

Obra realizada em colaboração com o Ministério de Fomento e Hergonsa. A obra consistia no espalhamento de uma camada de desgaste de mistura BBTM 11B com 5,2% de BMP 45/80-65 BT. As temperaturas de fabrico situaram-se entre os 140 e 130 °C, baixando a compactação até os 120 °C.



Figura 5. Detalhe do espalhamento da mistura

As condições meteorológicas foram excelentes com temperaturas superiores aos 30 °C. Novamente o resultado final foi muito bom, não se encontrando diferenças entre a mistura fabricada com um BMP 45/80-65 convencional.

6 CONCLUSÕES

Os vários betumes temperados desenvolvidos e que abrangem tanto os tradicionais como modificados foram aplicados em diversas obras, que foram acompanhadas e devidamente monitorizadas.

O fabrico das misturas temperadas com este tipo de betume dá lugar a misturas de qualidade semelhante às misturas a quente convencionais.

As baridades das misturas temperadas estudadas são muito semelhantes às obtidas para misturas a quente, com valores de cerca de 99% a temperaturas de 135 °C e 97% a temperaturas de 120 °C em relação às misturas a quente.

Os valores obtidos para a estabilidade Marshall mantêm-se em valores de 90%, mais do que o obtido para uma mistura a quente idêntica, ainda que os valores se encontrem sempre acima dos esperados para uma mistura a quente.

O fabrico de misturas temperadas com este tipo de ligante conduz a uma poupança em termos energéticos que podem ir até 35%.

Estas misturas, para além de tudo, implicam uma forte redução das emissões poluentes, como ficou comprovado através da medição das mesmas em diversas ocasiões.

7 REFERÊNCIAS

1. PÉREZ I., GARCIA A., SOTO J. A., *Betunes convencionales de baja viscosidad. Propiedades y aplicaciones*, en IV Congreso Andaluz de Carreteras, Jaén, 2007M. Silva, Artigo em revista científica, *Revista Científica*, 25(13) 253-262, 2007.
2. PÉREZ I., GARCÍA A., SOTO J. A., *Sostenibilidad en pavimentos de carreteras. Mezclas a bajas temperaturas en 15º Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto*; Lisboa, 2009.
3. NAVAS, J., HERNÁNDEZ, A., GARCÍA, A., SOTO, A., *Puesta en obra de una mezcla semicaliente en la N-420 a la altura de Gandesa (Tarragona)* en V Jornada de ASEFMA, Madrid, 2010.