

CLÁUSULAS TÉCNICAS ESPECIAIS

BETUME MODIFICADO COM BORRACHA - BMB

1 – Betume Modificado com Borracha. Definição

O betume modificado com borracha reciclada de pneus é obtido a partir da modificação, em obra, de um betume convencional adicionando-lhe granulado de borracha ($20\% \pm 2\%$), com uma determinada dosagem e granulometria, e em condições de mistura e reacção devidamente estudadas e controladas.

1.1 - Betume Original

O betume de base (a modificar) deve corresponder a um betume com penetração nominal 35/50 e um ponto de amolecimento da ordem dos 50°C, podendo, em termos estritamente orientativos, ter um grau PG64-16 de acordo com a norma ASHTTO TP1.

1.2- Borracha

A borracha vulcanizada deve ser borracha obtida a partir da reciclagem de pneus, com um conteúdo em borracha natural elevado e de acordo com as seguintes características físicas:

1. A borracha deve ser borracha de pneu, 100% vulcanizada.
 2. Não deve conter um teor em fibra superior a 0,03% e um teor em aço superior a 0,3% (amostra de 100 gramas).
 3. Após a moagem, deve resultar um pó seco, não aglutinado, de material granulado com uma densidade absoluta de 1.15 ± 0.05 (ASTM D 797).
 4. Não deve estar presente, em mais de 4% do peso de borracha, pó mineral, tal como carbonato de cálcio ou talco, utilizado para impedir a aderência ou aglomeração das partículas.
 5. A borracha deve estar suficientemente seca não tendo um teor em água superior a dois por cento em peso (AASHTO T255 a 60°C e amostra de 50 gramas), para que flua livremente e não produza espuma quando misturada com o betume a quente.
-

A granulometria da borracha deverá estar de acordo com o seguinte:

Granulometria	
Aberturas das malhas de peneiros ASTM	% de Material passado
2 mm (n.º 10)	100
1,18 mm (n.º 16)	65 – 100
0,6 mm (n.º 30)	20 – 100
0,3 mm (n.º 50)	0 – 45
0,075 mm (n.º 200)	0 – 5

A granulometria da borracha deve ser determinada usando uma amostra de 50 ± 1 g.

O fornecedor da borracha deve apresentar uma ficha técnica onde estejam indicados todas as características físicas atrás referidas e, ainda, a curva granulométrica típica que caracterize o lote de fornecimento. Essa ficha técnica deverá constar do estudo de formulação do BMB a entregar pelo adjudicatário à fiscalização.

1.3 - Betume Modificado com Borracha (BMB)

1.3.1 - Fabrico

O betume de base deverá ser modificado pela adição de borracha numa percentagem de $20\% \pm 2\%$ relativamente ao peso total da mistura do betume mais a borracha. Esta modificação deverá ser feita em equipamentos adequados para o efeito, a instalar junto da central betuminosa convencional, fazendo-se um by-pass ao circuito do betume original entre a cisterna de armazenamento de betume e o misturador da central betuminosa. Esse equipamento aquece e mistura o betume original com a borracha, permitindo uma reacção química/física entre esses dois materiais. O conteúdo exacto do granulado de borracha, a temperatura da mistura, bem como o tempo mínimo de reacção do betume modificado com borracha, terá que ser determinado pelo estudo de formulação da mistura a apresentar pelo adjudicatário e que deverá ser aprovado pela fiscalização.

Uma vez definida a percentagem exacta de borracha a utilizar não podem ser aceites desvios de mais de 1% em relação a esse valor.

A temperatura do betume original deve estar entre 175 e 210° C, na altura de adição do granulado de borracha. A temperatura da mistura deverá constar no estudo de formulação. O betume e a borracha devem ser combinados, misturados e reagir na unidade misturadora de betume com a borracha.

O betume modificado deve reagir durante um período mínimo de trinta minutos, antes da junção do agregado fino e grosso e do filer; durante este período, o betume modificado deve ser mantido em agitação dentro do tanque de reacção. Essa agitação deverá ser produzida por um eixo horizontal com um número adequado de pás. Durante o período de reacção e durante o fornecimento para o misturador da central, a temperatura do betume modificado deve ser mantida entre os 160 e 190° C.

O betume modificado não deve ficar armazenado mais de 48 horas a temperaturas superiores a 160° C. Quando haja necessidade de o armazenar para períodos superiores ao referido, a temperatura deverá ser mantida nos 130° C. Para a sua reutilização, deverá o betume modificado ser novamente aquecido para as temperaturas de fornecimento situadas entre 160 e 190°C.

Em caso algum se deve fluidificar ou fluxar o betume modificado. Qualquer betume modificado com borracha contaminado desta forma deve ser rejeitado.

No fim de cada dia de trabalho, o adjudicatário deve entregar à Fiscalização, documentação de produção do betume modificado com borracha que inclua o seguinte:

1. Identificação dos lotes de materiais utilizados;
2. A quantidade e temperatura do ligante betuminoso, anteriormente à adição da borracha;
3. A quantidade de granulado de borracha adicionada;
4. A viscosidade do betume modificado, imediatamente antes da mistura do agregado mineral com o aditivo mineral;

1.3.2 - Controlo de Qualidade

O Betume base a modificar, de penetração 35/50, deve obedecer ao especificado no Caderno de Encargos tipo do IEP quanto às características técnicas bem como relativamente ao controlo de recepção.

Para o controlo de qualidade da borracha vulcanizada devem ser realizados os ensaios descritos mais à frente, com uma frequência tal que permita confirmar os valores do lote de fabrico indicados pelo fabricante do granulado de borracha.

Essa frequência será função da quantidade de borracha a utilizar na obra devendo, no mínimo, ser entregues um conjunto de ensaios por cada 100 ton de borracha fornecida.

Duas semanas antes do início do fornecimento do betume modificado com borracha, a utilizar no trecho experimental, o adjudicatário deverá fornecer um estudo de formulação desse ligante, bem como os respectivos boletins de ensaio, onde se definem os seguintes parâmetros:

- a) Betume base a modificar;
- b) Características físicas do granulado de borracha;
- c) Quantidade de granulado de borracha a adicionar ao betume base;
- d) Tempo de reacção e temperatura mínimos e máximos a respeitar durante a adição da borracha ao betume;
- e) Propriedades físicas do betume modificado: Viscosidade, Penetração, Resiliência e Temperatura de amolecimento anel e bola;

O betume modificado com borracha deve estar de acordo com os seguintes requisitos (versão da norma ASTM D6114):

Ensaio	Requisitos
Viscosidade aparente, Brookfield, 175°C, cPa (AASHTO TP48)	1000-4000
Penetração, cone, 25° C 100g, 5s:1/100 mm (ASTM D5)	20 mínimo 75 máximo
Resiliência, 25°C (ASTM D 3407)	15% mínimo
Ponto de Amolecimento Anel e Bola NP-34/1955 (ASTM D 36)	54° C mínimo

Caso seja utilizado o Viscosímetro Haake para o controlo de qualidade do betume modificado a fornecer, o adjudicatário deverá apresentar um estudo de correlação entre os resultados obtidos por

este tipo de viscosímetro e os resultados obtidos pelo viscosímetro Brookfield para as gamas das viscosidades admissíveis indicadas no quadro anterior.

Neste caso os valores de referência deverão ser os seguintes:

Ensaio	Requisito
Viscosidade, Haake, 190°C, cPa	2000-5000

Para o betume modificado deve ser respeitada a seguinte frequência de ensaios:

Ensaio	Frequência
Viscosidade, Haake, 190°C ⁽¹⁾	1 ensaio por cada fornecimento com um mínimo de dois por dia normal de fornecimento
Viscosidade aparente, Brookfield, 175°C (AASHTO TP48)	1 por estudo de formulação e 1 por cada 200 ton de betume modificado fornecido
Penetração, cone, 25° C (ASTM D 3407)	1 por estudo de formulação e 1 por cada 200 ton de betume modificado fornecido
Resiliência, 25°C (ASTM D 3407)	1 por estudo de formulação e 1 por cada 200 ton de betume modificado fornecido
Ponto de Amolecimento Anel e Bola NP-34/1955 (ASTM D 36)	1 por estudo de formulação e 1 por cada 200 ton de betume modificado fornecido

⁽¹⁾ Caso não se recorra à viscosidade Haake para o controlo da viscosidade em obra, as frequências a observar na determinação da viscosidade Brookfield serão as estabelecidas para a viscosidade Haake.

1.4 – Lotes de Materiais

A quantidade total do granulado de borracha a utilizar na obra deverá ser armazenada junto à central de fabrico de betume modificado antes de se iniciar o fabrico do BMB. Cada saco de borracha deverá estar devidamente identificado pelo número de lote e data de fabrico.