

# Materiais Betuminosos

## DEFINIÇÕES

**BETUME:** material cimentício natural ou manufaturado, de cor preta ou escura, composto principalmente por hidrocarbonetos de alto peso molecular, solúvel no bissulfeto de carbono. O termo inclui alcatrões e piches produzidos a partir do carvão.

**ASFALTO:** material cimentício de cor marrom escuro a preto, termoviscoplastico, impermeável à água, pouco reativo, constituído por mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo de forma natural ou por destilação, cujo principal componente é o betume, podendo conter oxigênio, nitrogênio e enxofre, em pequena proporção.

**ALCATRÃO:** líquido preto e viscoso que contém hidrocarbonetos e é obtido a partir da destilação destrutiva de matéria orgânica. É produzido também do carvão como subproduto da produção de coque. Pode também ser produzido a partir do petróleo, madeira e turfa. .

Os betumes podem ser de origem natural (encontrado em minas) ou progênica (obtidos pelo aquecimento do petróleo ou outros materiais orgânicos).

Os materiais betuminosos são compostos de betume com outras substâncias (argila, areia, óleos, solventes, graxas, etc...) e são materiais de uso preponderante em pavimentações rodoviárias e em impermeabilizações. Também são usados em pinturas, isolamento elétrico, etc...

## PRODUÇÃO DE MATERIAIS BETUMINOSOS

### Asfaltos

Quase todo o asfalto em uso atualmente é obtido do processamento de petróleo bruto em plantas especiais denominadas refinarias. É a base de praticamente todos os outros tipos de materiais asfálticos existentes no mercado brasileiro, que são denominados:

- ✓ emulsões asfálticas;
- ✓ asfaltos diluídos;
- ✓ asfaltos oxidados ou soprados de uso industrial – piches;
- ✓ asfaltos modificados por polímero ou por borracha;
- ✓ agentes rejuvenescedores.

Além do Asfalto de Petróleo (AP): obtido como resíduo da destilação do petróleo, bem mais abundante e barato, existe também o Asfalto Natural (AN), quando o petróleo surge na superfície da terra e sofre uma espécie de destilação natural pela ação do vento e do sol, que retiram os gases e óleos leves, deixando um resíduo muito duro que é o asfalto natural. A ocorrência mais famosa de asfalto natural localiza-se na ilha de Trindade, no Caribe, ilustrado na Figura 1, e que até início do século XX abasteceu todo o mercado americano de ligantes asfálticos usados em pavimentação.



Figura 1: asfalto natural da Ilha de Trindade

### Alcatrões

Os alcatrões são um dos subprodutos da destilação de combustíveis sólidos originários principalmente de matéria orgânica, tais como carvão, turfa e madeira. Destes, a maior produção se dá a partir do carvão nos processos que originam o coque.

## PROPRIEDADES E USOS DE MATERIAIS BETUMINOSOS

Os asfaltos têm uma grande variedade de usos, devido às suas propriedades de cimentação, facilidade de adesão, impermeabilidade e durabilidade. São utilizados principalmente em obras viárias.

O cimento asfáltico é o asfalto obtido especialmente para apresentar características adequadas para o uso na construção de pavimentos, podendo ser obtido por destilação do petróleo em refinarias ou do asfalto natural encontrado em jazidas. O cimento asfáltico de petróleo recebe o símbolo CAP e o cimento asfáltico natural o símbolo de CAN. São semi-sólidos à temperatura ambiente, e necessitam de aquecimento para terem consistência apropriada ao envolvimento de agregados, possuem características de flexibilidade, durabilidade, aglutinação, impermeabilização e elevada resistência à ação da maioria dos ácidos, sais e álcalis. Os cimentos asfálticos de petróleo são classificados pelo seu “grau de dureza” retratado no ensaio de penetração, ou pela sua viscosidade, retratado no ensaio de viscosidade Saybolt-Furol.

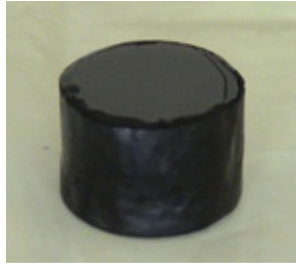


Figura 2: amostra de cimento asfáltico

As emulsões asfálticas são utilizadas principalmente em serviços de pavimentação viária, alternativa ou complementarmente aos asfaltos, devido às suas propriedades de facilidade e flexibilidade de aplicação em temperatura ambiente, baixo custo de transporte e de estocagem e elevado envolvimento e adesividade do asfalto aos agregados úmidos.



Figura 3: Aplicação da Emulsão Asfáltica

Os asfaltos diluídos são utilizados como imprimação (primer-coat) de bases granulares de pavimentos para proporcionar coesão e impermeabilidade na superfície dessas bases, sobre as quais é feito um revestimento.



Figura 4: aplicação do asfalto diluído

Os asfaltos oxidados ou piches são utilizados em serviços de impermeabilização, em pisos como elemento impermeabilizante e isolante contra umidade, componentes de isolamento e degraus. Em telhados e coberturas como componente de adesivos impermeabilizantes, elementos de isolamento, selagem de juntas e painéis laminados para forro. São empregados, ainda, no fabrico de blocos para isolamento acústico, como material de decoração, blocos para construção civil, camada isolante em paredes e muros e como componente de produtos para preenchimento de juntas.

Os agentes rejuvenescedores são produtos utilizados para recuperação de asfaltos envelhecidos, principalmente em serviços de reciclagem de revestimentos asfálticos, em que são misturados ao material asfáltico fresado, recuperando parte das propriedades do asfalto original.

Os alcatrões, embora apresentem semelhança na aparência e propriedades com os asfaltos, têm origem bastante diferente. Devido ao material obtido no processo de produção dos alcatrões ser cancerígeno, sua utilização tem se reduzido sensivelmente nas últimas décadas. Foi utilizado como material selante na execução de pavimentos viários, em construção predial e em porões de navios.

## TIPOS DE PAVIMENTAÇÕES

Pavimentação asfáltica por penetração: Existem dois tipos, o macadame de penetração (penetração direta) utilizado para pavimentação para tráfego pesado, onde são empregadas camadas de pedra recobertas com material betuminoso e prensadas por rolos e o tratamento superficial (penetração invertida) utilizado para pavimentação para tráfego leve ou sobre outras pavimentações.

Pavimentação asfáltica por mistura: Quando o agregado é envolvido pelo material betuminoso antes de ser aplicado

Concreto asfáltico: mistura de agregados miúdos, graúdos, filler e material asfáltico, preparados com dosagens racionais e aplicados com equipamentos e técnicas avançados, obtendo-se assim uma excelente durabilidade, estabilidade e resistência ao tráfego pesado.

### Asfaltos modificados por polímeros ou por borracha

Benefícios:

- ✓ Melhor desempenho à fadiga
- ✓ Maior resistência a deformação permanente e a trincas térmicas

Polímeros disponíveis:

- ✓ SBS (estireno-butadieno-estireno)
- ✓ SBR (borracha de butadieno estireno)
- ✓ EVA (etileno-acetato de vinila)
- ✓ Borracha moída de pneus

## CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS BETUMINOSOS – ASFALTOS

**Ensaio de Penetração** (NBR 6576): A penetração é definida como a profundidade, em décimos de milímetro, que uma agulha de massa padronizada (100g) penetra numa amostra de volume padronizado de cimento asfáltico, por 5 segundos, à temperatura de 25°C. Assim determina-se a dureza do material.

**Ensaio de Viscosidade**: A viscosidade é uma medida da consistência do cimento asfáltico, por resistência ao escoamento. A unidade do coeficiente de viscosidade mais utilizada é o Poise (g/[cm.s]). A viscosidade também pode ser medida em m<sup>2</sup>/s, ou mais comumente em mm<sup>2</sup>/s, unidade referida como centistoke (cSt).

No Brasil o viscosímetro mais usado para os materiais asfálticos é o de Saybolt-Furol. O valor da viscosidade é reportado em Segundos Saybolt- Furol, abreviado como SSF, a uma dada temperatura de ensaio. A norma brasileira para este ensaio é a ABNT NBR 14756/200.

O viscosímetro Brookfield permite medir as propriedades de consistência relacionadas ao bombeamento e à estocagem. Mede a viscosidade dinâmica expressa em centiPoise (cP). O centiPoise é equivalente ao miliPascal e 1000cP = 1 Pa\*s. A norma brasileira para este ensaio é a ABNT NBR 15184.



Figura 5: Imersão da emulsão no viscosímetro

**Ensaio de ponto de amolecimento (NBR 6560):** O ponto de amolecimento é uma medida empírica que correlaciona a temperatura na qual o asfalto amolece quando aquecido sob certas condições particulares e atinge uma determinada condição de escoamento. Um ponto de amolecimento mais alto permite que o material não amoleça em dias quentes, porém exigirá uma temperatura mais alta para aplicação, aumentando o risco de explosões.



Figura 6: Ensaio do Ponto de Amolecimento

**Ensaio de ductilidade (NBR 6293):** A coesão dos asfaltos é avaliada indiretamente pela medida empírica da ductilidade, que é a capacidade do material de se alongar na forma de um filamento. Nesse ensaio, os corpos-de-prova de asfalto, colocados em moldes especiais, são imersos em água dentro de um banho.

**Ensaio de solubilidade (NBR 14855):** Uma amostra do asfalto é dissolvida por um solvente e, então, filtrada através de um cadinho perfurado que é montado no topo de um frasco ligado ao vácuo. A quantidade de material retido no filtro representa as impurezas no cimento asfáltico.

**Ensaio de durabilidade:** Os asfaltos sofrem envelhecimento (endurecimento) durante a produção de misturas asfálticas para pavimentação devido a seu aquecimento durante o processo. Ocorre também um envelhecimento posterior, chamado de longo prazo, durante a vida útil do asfalto, quando estará submetido a diversos fatores ambientais.

**Ensaio de ponto de fulgor (NBR 11341):** O ponto de fulgor é um ensaio ligado à segurança de manuseio do asfalto durante o transporte, a estocagem e a produção de mistura asfáltica. Determina a menor temperatura sob a qual os vapores emanados durante o aquecimento do asfalto se inflamam por contato com uma chama padronizada. Valores de pontos de fulgor de asfaltos são normalmente superiores a 230°C.



Figura 7: ensaio de ponto de fulgor

**Ensaio de espuma:** O asfalto não deve conter água, pois, ao ser aquecido, pode formar espuma e causar explosões. A presença de água no asfalto pode causar acidentes nos tanques e no transporte. Não há um ensaio determinado, mas avaliação qualitativa.

**Ensaio de massa específica e densidade relativa (NBR 6296):** A massa específica do ligante asfáltico é determinada por meio de um picnômetro para a determinação do volume do ligante e é definida como a relação entre a massa e o volume. A densidade relativa é a razão da massa específica do asfalto a 20°C pela massa específica da água a 4°C.

**Susceptibilidade térmica:** A susceptibilidade térmica indica a sensibilidade da consistência dos ligantes asfálticos à variação de temperatura. É desejável que o ligante asfáltico apresente variações pequenas de

propriedades mecânicas nas temperaturas de serviço, para evitar grandes alterações de comportamento frente às variações de temperatura ambiente.

### **CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS BETUMINOSOS – EMULSÕES ASFÁLTICAS**

**Ensaio de carga de partícula** (NBR 6567): O ensaio que determina a carga de partícula é realizado com auxílio de um equipamento de medida de pH. Consiste em se introduzirem os eletrodos dentro da emulsão e verificar-se para qual deles as partículas são atraídas. A carga da partícula será o oposto do sinal do eletrodo para o qual foram atraídos os glóbulos de asfalto da emulsão.

**Ensaio de ruptura da emulsão:** Quando a emulsão entra em contato com o agregado pétreo, inicia-se o processo de ruptura da emulsão, o qual consiste na separação do asfalto e da água, o que permite o recobrimento do agregado por uma película de asfalto. A água é liberada e evapora-se. O ensaio de ruptura da emulsão pode ser realizado por mistura com cimento (NBR 6297) ou por mistura com filler silíceo (NBR 6302), que é parecido com o anterior, mas é utilizado outro produto para provocar a ruptura.

**Ensaio de sedimentação** (NBR 6570): O ensaio de sedimentação consiste em deixar em repouso total por 5 dias 500 ml de emulsão numa proveta e, após esse período, retirar uma amostra de aproximadamente 55 ml do topo da proveta e 55 ml do fundo. Nessas amostras será medida a quantidade de resíduo presente após o repouso.

**Ensaio de peneiração** (NBR 14393): O ensaio de peneiramento ou peneiração consiste em determinar a porcentagem em peso de partículas de asfalto retidas na peneira de malha N° 20 (0,84 mm). Utiliza-se 1000 ml de emulsão, que é “peneirada” e, em seguida, pesada novamente para determinar a quantidade que ficou retida na peneira. É indesejável que a emulsão possua grumos, formando “pelotas” de asfalto que ficam retidas na peneira.

**Ensaio de desemulsibilidade** (NBR 6569): O ensaio de desemulsibilidade é um método para determinar se uma quantidade conhecida de emulsão é parcial ou totalmente rompida pela adição de um reagente adequado, sendo o resultado expresso em porcentagem do teor do asfalto residual da emulsão. Na norma brasileira ABNT, o reagente utilizado é o Aerosol OT a 0,8%+ (Dioctil Sulfosuccinato de Sódio).

**Ensaio de Viscosidade** (NBR 14491): A viscosidade determina a trabalhabilidade da emulsão e é influenciada pela quantidade de asfalto presente, pelo emulsificante e pelo tamanho dos glóbulos. É determinada por meio do viscosímetro Saybolt-Furol.

**Determinação do pH da emulsão asfáltica** (NBR 6299): Consiste em se usar um aparelho que registra o pH, podendo-se, desse modo, saber se a emulsão é básica ou ácida, o que está associado ao emulsificante empregado.

### **CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS BETUMINOSOS – ASFALTOS DILUÍDOS**

**Ensaio de viscosidade** (NBR 14756): A viscosidade cinemática é utilizada para classificar os asfaltos diluídos. O ensaio utilizado é similar ao equivalente para asfaltos, diferindo na temperatura de ensaio que para asfaltos diluídos é de 60°C.

**Ensaio de ponto de fulgor** (NBR 5765): O objetivo do ensaio de ponto de fulgor é o mesmo descrito para o asfalto, sendo realizado de forma semelhante, com aquecimento indireto da amostra devido à natureza volátil do diluente presente.

**Ensaio de destilação** (NBR 14856): O ensaio mede a quantidade dos constituintes mais voláteis nos asfaltos diluídos. As propriedades do resíduo após a destilação não possuem necessariamente as características do asfalto usado na mistura original nem do resíduo obtido depois de um certo tempo de cura após sua aplicação.

## CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS BETUMINOSOS – ASFALTOS MODIFICADOS POR POLÍMEROS OU POR BORRACHA

**Ensaio de recuperação elástica ou retorno elástico (NBR 14756):** Para a realização do ensaio de recuperação elástica de asfaltos modificados com polímeros é utilizado o equipamento tipo ductilômetro com molde modificado em relação ao utilizado no ensaio de ductilidade em asfaltos. O ensaio é realizado a 25°C ou a 4°C.

**Ensaio de separação de fases ou estabilidade à estocagem (NBR 15166):** Coloca-se o asfalto modificado em um tubo metálico padronizado, na vertical, em repouso, durante 5 dias, dentro de uma estufa a 163°C, colhe-se então uma amostra em dois pontos distintos: um no topo e outro no fundo do tubo. Nessas amostras, são realizados os ensaios de ponto de amolecimento e de recuperação elástica. As diferenças entre os resultados das amostras do topo e da base não podem ser maiores do que limites máximos especificados para que o asfalto ensaiado seja considerado estocável.

**Ensaio de coesividade Vialit (norma européia EN 13588):** O ensaio mede a característica de coesão proporcionada pelo asfalto-polímero por meio de um pêndulo que solicita uma amostra do material a ser testado. Consiste em depositar uma fina camada do ligante a ser testado entre dois cubos que possuem, em uma de suas faces, uma área “dentada”. Faz-se a medição da energia necessária para descolar os dois cubos. A presença do polímero aumenta a coesão do ligante.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUER, L. A. F. *Materiais de construção*. 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000. Volume 2, páginas 730 a 815.

ISAIA, G. C. *Materiais de construção civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. São Paulo: IBRACON, 2007. Volume 2, páginas 1293 à 1328.

Site do Laboratório de Ligantes e Misturas Betuminosas do Instituto Militar de Engenharia disponível em <http://transportes.ime.eb.br/MATERIAL%20DE%20PESQUISA/LABOTATORIO/LAB%20LIGANTES/index.htm>