

# ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PAVIMENTAÇÃO

## 1 - PINTURA DE LIGAÇÃO

De acordo com especificação DNIT 145/2012-ES

### 1.1 - GENERALIDADES

Consiste a pintura de ligação na aplicação de uma camada de material betuminoso sobre a superfície de uma base ou de um pavimento, antes da execução de um revestimento betuminoso qualquer, objetivando promover a aderência entre este revestimento e a camada subjacente.

### 1.2 - MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DNIT podendo ser empregados os materiais betuminosos seguintes :

- a) cimento asfáltico de penetração 150/200;
- b) asfaltos diluídos, tipos CR-2 a CR-4 e CM-2 a CM-4;
- c) alcatrão, tipos AP-4 a AP-12;
- d) emulsões asfálticas, tipos RR-1, RR-2, RR-1K e RR-2K

A taxa de aplicação será em função do tipo de material betuminoso empregado, devendo-se situar-se em torno de 0,5 l/m<sup>2</sup>.

### 1.3 - EQUIPAMENTO

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado e aprovado pela equipe de fiscalização de pavimentação, devendo estar de acordo com esta especificação. Também será definido pela fiscalização de pavimentação se os equipamentos fornecidos pela contratada são suficientes para garantir a qualidade necessária para a execução dos serviços, sem o que não será dada a ordem para o início do serviço.

Para a varredura da superfície da base, usam-se, de preferência, vassouras mecânicas rotativas, entretanto pode ser manual esta operação. O jato de ar comprimido poderá também ser usado.

A distribuição do ligante deve ser feita por carros equipados com bomba reguladora de pressão e sistema completo de aquecimento, que permitam a aplicação do material betuminoso em quantidade uniforme.

O depósito de material betuminoso, quando necessário, deve ser equipado com dispositivo que permita o aquecimento adequado e uniforme do conteúdo do recipiente. O depósito deve ter uma capacidade tal que possa armazenar a quantidade de material betuminoso a ser aplicado em, pelo menos, um dia de trabalho.

#### 1.4 - EXECUÇÃO

Após a perfeita conformação geométrica da camada que irá receber a pintura de ligação, procede-se à varredura da sua superfície, de modo a eliminar o pó e o material solto existente.

Aplica-se, a seguir, o material betuminoso adequado, na temperatura compatível com o seu tipo, na quantidade certa e de maneira mais uniforme. O material betuminoso não deve ser distribuído quando a temperatura ambiente estiver abaixo de 10°C, ou em dias de chuva, ou, quando estiver iminente. A temperatura de aplicação do material betuminoso deve ser fixada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. Deve ser escolhida a temperatura que proporcione a melhor viscosidade para espalhamento. As faixas de viscosidade recomendadas para espalhamento são as seguintes:

- a) para cimento asfáltico e asfalto diluído: 20 a 60 segundos. Saybolt-Furol;
- b) para alcatrão: 6 a 20 graus, Engler;
- c) para emulsões asfálticas: 25 a 100 segundos, Saybolt-Furol.

Deve-se executar a pintura de ligação na pista inteira em um mesmo turno de trabalho e deixá-la, sempre que possível fechada ao trânsito. Quando isto não for possível, trabalhar-se-á em meia pista, fazendo a pintura de ligação da adjacente, logo que a pintura permita sua abertura ao trânsito.

A fim de evitar a superposição, ou excesso, nos ponto inicial e final das aplicações devem-se colocar faixas de papel transversalmente na pista, de modo que o início e o término da aplicação do material betuminoso situem-se sobre essas faixas, as quais serão, a seguir, retiradas. Qualquer falha na aplicação do material betuminoso deve ser imediatamente corrigida.

Antes da aplicação do material betuminoso, no caso de bases de solo-cimento ou concreto magro, a superfície da base deve ser irrigada, a fim de saturar os vazios existentes, não se admitindo excesso de água sobre a superfície. Essa operação não é aplicável quando se empregam materiais betuminosos, com temperaturas de aplicação superior a 100°C.

## **1.5 - CONTROLE**

### **1.5.1 - QUALIDADE**

O material betuminoso fornecido pela contratada deverá possuir garantias de sua qualidade, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT e de acordo com as especificações em vigor.

### **1.5.2 - CONTROLE DE TEMPERATURA**

A temperatura de aplicação deve ser a estabelecida e verificada, pela equipe de fiscalização de pavimentação, devido ao tipo de material betuminoso em uso.

### **1.5.3 - CONTROLE DE QUANTIDADE**

Será feito mediante a pesagem do carro distribuidor, antes e depois da aplicação do material betuminoso. Não sendo possível a realização do controle por esse método, admite-se seja feito por um dos modos seguintes:

a) coloca-se, na pista, uma bandeja de peso e área conhecidos. Por uma simples pesada, após a passagem do carro distribuidor, tem-se a quantidade do material betuminoso usado;

b) utilização de uma régua de madeira, pintada e graduada, que possa dar, diretamente, pela diferença de altura do material betuminoso no tanque do carro distribuidor, antes e depois da operação, a quantidade de material consumido.

Devem ser fornecidas amostras do material aplicado que serão devidamente colhidas pela equipe de fiscalização de pavimentação.

## **1.6 - MEDIÇÃO**

A pintura de ligação será medida através da área executada, em metros quadrados.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO  
LABORATÓRIO DE MANUTENÇÃO SUSTENTÁVEL DE OBRAS - LCP/UP  
Gilson Perozzi

## 2 - PRÉ MISTURADO À QUENTE

De acordo com especificação DNIT 031/2006 -ES

### 2.1 - GENERALIDADES

Concreto betuminoso é o revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado (**brita nº0 e nº1**), material de enchimento em agregado mineral miúdo (**areia grossa - filler**) e material betuminoso (**cimento asfáltico de petróleo - CAP**), espalhada e comprimida a quente.

Sobre a base imprimida, a mistura será espalhada, de modo a apresentar, quando comprimida, a espessura do projeto.

### 2.2 - MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DNIT.

#### 2.2.1 - MATERIAL BETUMINOSO

**O material betuminoso utilizado é cimento asfáltico de petróleo, de penetração 50/70.**

#### 2.2.2- AGREGADOS

##### 2.2.2.1 - AGREGADO GRAÚDO

**O agregado graúdo deve ser pedra britada com dimensões maiores que 2mm, livres de torrões de argila e substâncias nocivas.** O valor máximo tolerado, no ensaio de desgaste Los Angeles, é de 50%. Deve apresentar boa adesividade. Submetido ao ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, não deve apresentar perda superior a 12%, em 5 ciclos. O índice de forma não deve ser inferior a 0,5.

Opcionalmente, poderá ser determinada a porcentagem de grãos de forma defeituosa, que se enquadrem na expressão :

$$l + g > 6 e$$

onde :

l - maior dimensão de grão;

g - diâmetro mínimo do anel, através do qual o grão pode passar;

e - afastamento mínimo de dois planos paralelos, entre os quais pode ficar contido o grão.

Não se dispondo de anéis ou peneiras com crivos de abertura circular, o ensaio poderá ser realizado utilizando-se peneiras de malha quadrada, adotando-se a fórmula:

$$1 + 1,25 g > 6 e$$

sendo, g, a medida das aberturas de duas peneiras, entre as quais fica retido o grão.

A porcentagem de grãos de forma defeituosa não pode ultrapassar 20%.

No caso do emprego de escória, esta deve ter uma massa específica aparente igual ou superior a 1.100 kg/m<sup>3</sup>.

### 2.2.2.2 - AGREGADO MIÚDO

**O agregado miúdo pode ser areia, pedra britada (pó-de-pedra) ou mistura de ambos nas dimensões entre 0,075mm e 2mm.** Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar um equivalente de areia igual ou superior a 55%.

### 2.2.2.3 - MATERIAL DE ENCHIMENTO (filler)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, inertes em relação aos demais componentes da mistura, não plásticos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós calcários etc., e que atendam à seguinte granulometria :

<i>PENEIRA</i>	<i>POCENTAGEM MÍNIMA PASSANDO</i>
<i>Nº 40</i>	<i>100</i>
<i>Nº 80</i>	<i>95</i>
<i>Nº 200</i>	<i>65</i>

Quando da aplicação, deverá estar seco e isento de grumos.

### 2.3 - COMPOSIÇÕES DA MISTURA

A mistura do concreto betuminoso deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte. A faixa a ser usada deve ser aquela, cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento.

PENEIRA		PORCENTAGEM PASSANDO EM PESO		
	mm	A	B	C
2"	50,8	100	-	-
1 1/2"	38,1	95 - 100	100	-
1"	25,4	75 - 100	95 - 100	-
3/4"	19,1	60 - 90	80 - 100	100
1/2"	12,7	-	-	85 - 100
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	75 - 100
Nº 4	4,8	25 - 50	28 - 60	50 - 85
Nº 10	2,0	20 - 40	20 - 45	30 - 75
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	15 - 40
Nº 80	0,18	5 - 20	3 - 8	8 - 30
Nº 200	0,074	1 - 8	3 - 8	5 - 10
BETUME SOLÚVEL NO CS2 (+) %		4,0 - 7,0 CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)	4,5 - 7,5 CAMADA DE LIGAÇÃO E ROLAMENTO	4,5 - 9,0 CAMADAS DE ROLAMENTO

As porcentagens de betume se referem à mistura de agregados, considerada como 100% . Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

A curva granulométrica, indicada no projeto, poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas:

PENEIRAS	mm	%PASSANDO EM PESO
3/8 - 1 1/2"	9,5 - 38,0	ñ 7
NR 40 - NR 4	0,42 - 4,8	ñ 5
NR 80	0,18	ñ 3
NR 200	0,074	ñ 2

ASSOCIAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO  
 DE OBRAS DE TRANSPORTES E SANEAMENTO DE JUIZ DE FORA - IPPU  
 Gilson Perozini

Deverá ser adotado o Método Marshall para a verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, segundo os valores seguintes :

	CAMADA DE ROLAMENTO	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)
PORCENTAGEM DE VAZIOS	3 a 5	4 a 6
RELAÇÃO BETUME/VAZIOS	75 a 82	65 a 72
ESTABILIDA, MÍNIMA	350 kg (75 GOLPES) 250 kg (50 GOLPES)	350 kg (75 GOLPES) 250 kg (50 GOLPES)
FLUÊNCIA 1/100"	8 - 18	8 - 18

## 2.4 - EQUIPAMENTO

Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela equipe de fiscalização de pavimentação, devendo estar de acordo com esta especificação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

### 2.4.1 - DEPÓSITOS PARA MATERIAL BETUMINOSO

Os depósitos para o ligante betuminoso deverão ser capazes de aquecer o material, às temperaturas fixadas pela equipe de fiscalização de pavimentação. O aquecimento deverá ser feito por meio de serpentinas a vapor, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato de chamas com o interior do depósito. Deverá ser instalado um sistema de circulação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

### 2.4.2 - DEPÓSITOS PARA AGREGADOS

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas de agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga. Haverá um silo adequado para o "filler", conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

#### **2.4.3 - USINAS PARA MISTURAS BETUMINOSAS**

A usina deverá estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador tipo Pugmill, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°, deverá ser fixado na linha de alimentação de asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deverá ser equipada, além disso, com um termômetro de mercúrio, com escala em "dial", pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, para registrar a temperatura dos agregados.

#### **2.4.4 - ACABADORA**

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadoras e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidade.

#### **2.4.5 - EQUIPAMENTO PARA A COMPRESSÃO**

O equipamento para compressão será constituído por rolo compactador vibratório tipo tandem rolo liso e rolo compactador de pneus estático para asfalto ou outro equipamento aprovado pela equipe de fiscalização de pavimentação. Os rolos compactadores, tipo tandem, dever ter uma carga de 6,5 a 9,4 t. Os rolos compactadores de pneus estáticos devem ter uma carga de 8,3 a 21 t. O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

#### **2.4.6 - CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA**

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte de concreto betuminoso, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

### **2.5 - EXECUÇÃO**

A temperatura de aplicação do cimento asfáltico deve ser determinado para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o asfalto apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 e 150 segundos, Saybolt-Furol, indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 85 + 10 segundos, Saybolt-Furol. Entretanto, não devem ser feitas misturas a temperaturas inferiores a 107°C e nem superiores a 177°C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperatura de 10°C a 15°C, acima da temperatura do ligante betuminoso.

A temperatura de aplicação do alcatrão será aquela na qual; a viscosidade Engler situe-se em uma faixa de 25 ã 3. A mistura, neste caso, não deve deixar a usina com temperatura superior a 106°C.

### **2.5.1 - PRODUÇÃO DO CONCRETO BETUMINOSO**

A produção do concreto betuminoso é efetuada em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado.

### **2.5.2 - TRANSPORTE DO CONCRETO BETUMINOSO**

O concreto betuminoso produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados.

Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

### **2.5.3 - DISTRIBUIÇÃO E COMPRESSÃO DA MISTURA**

As misturas de concreto betuminoso devem ser distribuídas somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso.

A distribuição do concreto betuminoso deve ser feita por máquinas acabadoras, conforme já especificado.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser sanadas pela adição manual de concreto betuminoso, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rolos metálicos.

Imediatamente após a distribuição do concreto betuminoso, tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

A temperatura recomendável, para a compressão da mistura, é aquela na qual o ligante apresenta viscosidade Saybolt-Furol, de 140 ã 15 segundos, para o cimento asfáltico ou uma viscosidade específica, Engler, de 40 ã 5, para o alcatrão.

Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção do eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de pelo menos, a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perturbará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

## 2.5.4 - ABERTURA AO TRÂNSITO

Os revestimentos recém acabados deverão ser mantidos sem trânsito, até o seu completo resfriamento.

## 2.6 - CONTROLE

Todos os materiais fornecidos pela contratada devem ter comprovada garantia de sua qualidade, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT e satisfazer as especificações em vigor.

O recebimento do material a ser aplicado será supervisionado pela equipe de fiscalização de pavimentação que observará a conformidade dos materiais a serem empregados. A contratada deve fornecer amostras desses materiais à equipe de fiscalização de pavimentação para posterior análise laboratorial.

### 2.6.1 - CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL BETUMINOSO

O controle de qualidade do material betuminoso constará do seguinte:

a) para cimento asfáltico:

1 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, para todo carregamento que chegar à obra;

1 ensaio de ponto de fulgor, para cada 100 t;

1 índice de Pfeiffer, para cada 500 t;

1 ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra.

b) para alcatrão:

1 ensaio de flutuação, para todo carregamento que chegar a obra;

1 ensaio de destilação, para cada 500 t.

### 2.6.2 CONTROLE DE QUALIDADE DOS AGREGADOS

O controle de qualidade dos agregados constará do seguinte:

2 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por dia;

1 ensaio de desgaste Los Angeles, por mês, ou quando houver variação da natureza do material;

1 ensaio de índice de forma, para cada 900 m<sup>3</sup>;

1 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por dia;

1 ensaio de granulometria do material de enchimento (Filler), por dia.

### 2.6.3 - CONTROLE DE QUALIDADE DE LIGANTE NA MISTURA

Devem ser efetuadas duas extrações de betume, de amostras coletadas na pista, depois da passagem da acabadora, para cada dia de 8 horas de trabalho. A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo,  $\pm 0.3\%$  da fixada no projeto.

### 2.6.4 - CONTROLE DA GRADUAÇÃO DA MISTURA DE AGREGADOS

Será procedido o ensaio de granulometria da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no item 3.

#### **2.6.5 - CONTROLE DE TEMPERATURA**

Serão efetuadas, no mínimo, quatro medidas de temperatura, por dia, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- a) do agregado, no silo quente da usina;
- b) do ligante, na usina;
- c) da mistura betuminosa, na saída do misturador da usina;
- d) da mistura, no momento do espalhamento e no início da rolagem, na pista em cada caminhão, antes da descarga, será feita, pelo menos, uma leitura da temperatura. As temperaturas devem satisfazer aos limites especificados anteriormente.

#### **2.6.6 - CONTROLE DAS CARACTERÍSTICAS MARSHALL DA MISTURA**

Dois ensaios Marshall, com três corpos de prova cada, devem ser realizados por dia de produção da mistura. Os valores de estabilidade e de fluência deverão satisfazer ao especificado no item 3. As amostras devem ser retiradas após a passagem da acabadora e antes da compressão.

#### **2.6.7 - CONTROLE DE COMPRESSÃO**

O controle de compressão da mistura betuminosa deverá ser feito, preferencialmente, medindo-se a densidade aparente de corpos de prova extraídos da mistura comprimida na pista, por meio de brocas rotativas.

Na impossibilidade de utilização deste equipamento, admite-se o processo do anel de aço. Para tanto, colocam-se sobre a base, antes do espalhamento da mistura, anéis de aço de 10 cm de diâmetro interno e de altura inferior à espessura da camada comprimida. Após a compressão são retirados os anéis e medida a densidade aparente dos corpos de prova neles moldados.

Deve ser realizada uma determinação, cada 500 m de meia pista, não sendo permitidas densidades inferiores a 95% da densidade do projeto.

O controle de compressão poderá também ser feito, mediante as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos da pista e comparando-as com as densidades aparentes de corpos de prova moldados no local. As amostras para moldagem destes corpos de prova deverão ser colhidas bem próximas do local onde serão realizados os furos, e antes da sua compressão. A relação entre estas duas densidades não deverá ser inferior a 100%.

#### **2.6.8 - CONTROLE DE ESPESSURA**

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos de prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Admitir-se-á variação de  $\pm 10\%$ , da espessura de projeto, para pontos isolados, e até 5% de redução de espessura, em 10 medidas sucessivas.

#### **2.6.9 - CONTROLE DE ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE**

Durante a execução, deverá ser feito diariamente o controle de acabamento da superfície de revestimento, com auxílio de duas régua, uma de 3,00 m e outra de 0,90 m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das régua.

#### **2.7 - MEDIÇÃO**

O concreto betuminoso usinado a quente será medido através da massa da mistura aplicada, geometricamente, em metros cúbicos.

#### **2.8 - PAGAMENTO**

O concreto betuminoso usinado a quente será pago após a medição do serviço executado, pelo preço unitário em metros cúbicos proposto.

Não serão pagos os excessos em relação ao volume de projeto, e serão descontadas as faltas, dentro das tolerâncias especificadas.

### **3 - CONCRETO BETUMINOSO USINADO À QUENTE**

De acordo com especificação DNIT 031/2006-ES

### 3.1 - GENERALIDADES

Concreto betuminoso é o revestimento flexível, resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado (**brita nº0 e nº1**), material de enchimento em agregado mineral miúdo (**areia média - filler**) e material betuminoso (**cimento asfáltico de petróleo - CAP**), espalhada e comprimida a quente.

Sobre a base imprimida, a mistura será espalhada, de modo a apresentar, quando comprimida, a espessura do projeto.

### 3.2 - MATERIAIS

Todos os materiais devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DNIT.

#### 3.2.1 - MATERIAL BETUMINOSO

O material betuminoso utilizado é cimento asfáltico de petróleo, de penetração 50/70.

#### 3.2.2- AGREGADOS

##### 3.2.2.1 - AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo pode ser pedra britada (nº0), com dimensões maiores que 2mm, livres de torrões de argila e substâncias nocivas. O valor máximo tolerado, no ensaio de desgaste Los Angeles, é de 50%. Deve apresentar boa adesividade. Submetido ao ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, não deve apresentar perda superior a 12%, em 5 ciclos. O índice de forma não deve ser inferior a 0,5.

Opcionalmente, poderá ser determinada a porcentagem de grãos de forma defeituosa, que se enquadrem na expressão:

$$l + g > 6e$$

onde:

l - maior dimensão de grão;

g - diâmetro mínimo do anel, através do qual o grão pode passar;

e - afastamento mínimo de dois planos paralelos, entre os quais pode ficar contido o grão.

Não se dispondo de anéis ou peneiras com crivos de abertura circular, o ensaio poderá ser realizado utilizando-se peneiras de malha quadrada, adotando-se a fórmula:

$$l + 1,25 g > 6 e$$

sendo, g, a medida das aberturas de duas peneiras, entre as quais fica retido o grão.

A porcentagem de grãos de forma defeituosa não pode ultrapassar 20%.

No caso do emprego de escória, esta deve ter uma massa específica aparente igual ou superior a  $1.100 \text{ kg/m}^3$ .

### 3.2.2.2 - AGREGADO MIÚDO

O agregado miúdo pode ser areia, pedra britada (pó-de-pedra) ou mistura de ambos com dimensões maiores que  $0,075\text{mm}$  e menor que  $2\text{mm}$ . Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar um equivalente de areia igual ou superior a 55%.

### 3.2.2.3 - MATERIAL DE ENCHIMENTO (filler)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, inertes em relação aos demais componentes da mistura, não plásticos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós calcários etc., e que atendam à seguinte granulometria:

<i>PENEIRA</i>	<i>POCENTAGEM MÍNIMA PASSANDO</i>
<i>Nº 40</i>	<i>100</i>
<i>Nº 80</i>	<i>95</i>
<i>Nº 200</i>	<i>65</i>

Quando da aplicação, deverá estar seco e isento de grumos.

## 3.3-COMPOSIÇÃO DA MISTURA

A mistura do concreto betuminoso deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte. A faixa a ser usada deve ser aquela, cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento.

PENEIRA		PORCENTAGEM PASSANDO EM PESO		
	mm	A	B	C
2"	50,8	100	-	-
1 1/2"	38,1	95 - 100	100	-
1"	25,4	75 - 100	95 - 100	-
3/4"	19,1	60 - 90	80 - 100	100
1/2"	12,7	-	-	85 - 100
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	75 - 100
Nº 4	4,8	25 - 50	28 - 60	50 - 85
Nº 10	2,0	20 - 40	20 - 45	30 - 75
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	15 - 40
Nº 80	0,18	5 - 20	3 - 8	8 - 30
Nº 200	0,074	1 - 8	3 - 8	5 - 10
BETUME SOLÚVEL NO CS2 (+) %		4,0 - 7,0 CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)	4,5 - 7,5 CAMADA DE LIGAÇÃO E ROLAMENTO	4,5 - 9,0 CAMADAS DE ROLAMENTO

As porcentagens de betume se referem à mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

A curva granulométrica, indicada no projeto, poderá apresentar as seguintes tolerâncias máximas:

PENEIRAS	mm	%PASSANDO EM PESO
3/8 - 1 1/2"	9,5 - 38,0	ñ 7
NR 40 - NR 4	0,42 - 4,8	ñ 5
NR 80	0,18	ñ 3
NR 200	0,074	ñ 2

Deverá ser adotado o Método Marshall para a verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, segundo os valores seguintes:

	CAMADA DE ROLAMENTO	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)
PORCENTAGEM DE VAZIOS	3 a 5	4 a 6
RELAÇÃO BETUME/VAZIOS	75 a 82	65 a 72
ESTABILIDADE, MÍNIMA	350 kg (75 GOLPES) 250 kg (50 GOLPES)	350 kg (75 GOLPES) 250 kg (50 GOLPES)
FLUÊNCIA 1/100"	8 - 18	8 - 18

### 3.4 - EQUIPAMENTO

Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado e aprovado pela equipe de fiscalização de pavimentação, devendo estar de acordo com esta especificação, sem o que não será dada a ordem de serviço.

#### 3.4.1 - DEPÓSITOS PARA MATERIAL BETUMINOSO

Os depósitos para o ligante betuminoso deverão ser capazes de aquecer o material, às temperaturas fixadas pela equipe de fiscalização de pavimentação. O aquecimento deverá ser feito por meio de serpentinas a vapor, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato de chamas com o interior do depósito. Deverá ser instalado um sistema de circulação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, a fim de evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

#### 3.4.2 - DEPÓSITOS PARA AGREGADOS

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e

estocar, adequadamente, as frações apropriadas de agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga. Haverá um silo adequado para o "filler", conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

### **3.4.3 - USINAS PARA MISTURAS BETUMINOSAS**

A usina deverá estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador tipo Pugmill, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme. Deve, ainda, o misturador possuir dispositivo de descarga, de fundo ajustável e dispositivo para controlar o ciclo completo da mistura. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90°C a 210°, deverá ser fixado na linha de alimentação de asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deverá ser equipada, além disso, com um termômetro de mercúrio, com escala em "dial", pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, para registrar a temperatura dos agregados.

### **3.4.4 - ACABADORA**

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadoras e também dispositivos, para aquecimento da mistura à temperatura requerida, para colocação da mesma sem irregularidade.

### **3.4.5 - EQUIPAMENTO PARA A COMPRESSÃO**

O equipamento para compressão será constituído por rolo compactador vibratório tipo tandem rolo liso, rolo compactador de pneus estático para asfalto e vibroacabadora sobre esteira ou outro equipamento aprovado pela equipe de fiscalização de pavimentação. Os rolos compactadores, tipo tandem, dever ter uma carga de 6,5 a 9,4 t. Os rolos compactadores de pneus estáticos devem ter uma carga de 8,3 a 21 t. O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

### **3.4.6 - CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA**

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte de concreto betuminoso, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas.

## **3.5 - EXECUÇÃO**

Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda, ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra etc., deverá ser feita uma pintura de ligação.

A temperatura de aplicação do cimento asfáltico deve ser determinada para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o asfalto apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 e 150 segundos, Saybolt-Furol, indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 85 + 10 segundos, Saybolt-Furol. Entretanto, não devem ser feitas misturas a temperaturas inferiores a 107°C e nem superiores a 177°C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperatura de 10°C a 15°C, acima da temperatura do ligante betuminoso.

A temperatura de aplicação do alcatrão será aquela na qual; a viscosidade Engler situe-se em uma faixa de 25 ã 3. A mistura, neste caso, não deve deixar a usina com temperatura superior a 106°C.

### **3.5.1 - PRODUÇÃO DO CONCRETO BETUMINOSO**

A produção do concreto betuminoso é efetuada em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado.

### **3.5.2 - TRANSPORTE DO CONCRETO BETUMINOSO**

O concreto betuminoso produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados.

Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

### **3.5.3 - DISTRIBUIÇÃO E COMPRESSÃO DA MISTURA**

As misturas de concreto betuminoso devem ser distribuídas somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso.

A distribuição do concreto betuminoso deve ser feita por máquinas acabadoras, conforme já especificado.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser sanadas pela adição manual de concreto betuminoso, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rolos metálicos.

Imediatamente após a distribuição do concreto betuminoso, tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

A temperatura recomendável, para a compressão da mistura, é aquela na qual o ligante apresenta viscosidade Saybolt-Furol, de 140 ã 15 segundos, para o cimento asfáltico ou uma viscosidade específica, Engler, de 40 ã 5, para o alcatrão.

Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura for sendo compactada, e, conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas.

A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção do eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta, na seguinte, de pelo menos, a metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perturbará até o momento em que seja atingida a compactação especificada. Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

### **3.5.4 - ABERTURA AO TRÂNSITO**

Os revestimentos recém acabados deverão ser mantidos sem trânsito, até o seu completo resfriamento.

## **3.6 – CONTROLE**

Todos os materiais fornecidos pela contratada devem ter comprovada garantia de sua qualidade, obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT e satisfazer as especificações em vigor. O recebimento do material a ser aplicado será supervisionado pela equipe de fiscalização de pavimentação que observará a conformidade dos materiais a serem empregados. A contratada deve fornecer amostras desses materiais à equipe de fiscalização de pavimentação para posterior análise laboratorial.

### **3.6.1 - CONTROLE DE QUALIDADE DO MATERIAL BETUMINOSO**

O controle de qualidade do material betuminoso constará do seguinte:

a) para cimento asfáltico:

1 ensaio de viscosidade Saybolt-Furol, para todo carregamento que chegar à obra;

1 ensaio de ponto de fulgor, para cada 100 t;

1 índice de Pfeiffer, para cada 500 t;

1 ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra.

b) para alcatrão:

1 ensaio de flutuação, para todo carregamento que chegar a obra;

1 ensaio de destilação, para cada 500 t.

### **3.6.2 CONTROLE DE QUALIDADE DOS AGREGADOS**

O controle de qualidade dos agregados constará do seguinte:

2 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por dia;

1 ensaio de desgaste Los Angeles, por mês, ou quando houver variação da natureza do material;

1 ensaio de índice de forma, para cada 900 m<sup>3</sup>;

1 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por dia;

1 ensaio de granulometria do material de enchimento (Filler), por dia.

### **3.6.3 - CONTROLE DE QUALIDADE DE LIGANTE NA MISTURA**

Devem ser efetuadas duas extrações de betume, de amostras coletadas na pista, depois da passagem da acabadora, para cada dia de 8 horas de trabalho. A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo,  $\pm 0.3\%$  da fixada no projeto.

### **3.6.4 - CONTROLE DA GRADUAÇÃO DA MISTURA DE AGREGADOS**

Será procedido o ensaio de granulometria da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no item 3.

### **3.6.5 - CONTROLE DE TEMPERATURA**

Serão efetuadas, no mínimo, quatro medidas de temperatura, por dia, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- a) do agregado, no silo quente da usina;
- b) do ligante, na usina;
- c) da mistura betuminosa, na saída do misturador da usina;
- d) da mistura, no momento do espalhamento e no início da rolagem, na

pista.

Em cada caminhão, antes da descarga, será feita, pelo menos, uma leitura da temperatura.

As temperaturas devem satisfazer aos limites especificados anteriormente.

### **3.6.6 - CONTROLE DAS CARACTERÍSTICAS MARSHALL DA MISTURA**

Dois ensaios Marshall, com três corpos de prova cada, devem ser realizados por dia de produção da mistura. Os valores de estabilidade e de fluência deverão satisfazer ao especificado no item 3. As amostras devem ser retiradas após a passagem da acabadora e antes da compressão.

### **3.6.7 - CONTROLE DE COMPRESSÃO**

O controle de compressão da mistura betuminosa deverá ser feito, preferencialmente, medindo-se a densidade aparente de corpos de prova extraídos da mistura comprimida na pista, por meio de brocas rotativas.

Na impossibilidade de utilização deste equipamento, admite-se o processo do anel de aço. Para tanto, colocam-se sobre a base, antes do espalhamento da mistura, anéis de aço de 10 cm de diâmetro interno e de altura inferior à espessura da camada comprimida. Após a compressão são retirados os anéis e medida a densidade aparente dos corpos de prova neles moldados.

Deve ser realizada uma determinação, cada 500 m de meia pista, não sendo permitidas densidades inferiores a 95% da densidade do projeto.

O controle de compressão poderá também ser feito, mediante as densidades aparentes dos corpos de prova extraídos da pista e comparando-as com as densidades aparentes de corpos de prova moldados no local. As amostras para moldagem destes corpos de prova deverão ser colhidas próximo do local onde serão realizados os furos e antes da sua compressão. A relação entre estas duas densidades não deverá ser inferior a 100%.

### **3.6.8 - CONTROLE DE ESPESSURA**

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos de prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Admitir-se-á variação de não mais que 10%, da espessura de projeto, para pontos isolados, e até 5% de redução de espessura, em 10 medidas sucessivas.

### **3.6.9 - CONTROLE DE ACABAMENTO DA SUPERFÍCIE**

Durante a execução, deverá ser feito diariamente o controle de acabamento da superfície de revestimento, com auxílio de duas régua, uma de 3,00 m e outra de 0,90 m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das régua.

## **3.7 - MEDIÇÃO**

O concreto betuminoso usinado a quente será medido através da massa da mistura aplicada, em toneladas.

