

4.7 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS ACESSÓRIOS
Serão utilizados, complementamente, os seguintes equipamentos e ferramentas: soquetes mecânicos ou placas vibratórias, para a compactação de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais; pás, enxadões, garfos, rodos, vassourões, carrinhos de mão e ancinhos, para operações complementares

5. EXECUÇÃO
5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS
No caso do uso de camada de rolamento esbelta (inferior a 5 cm) em pavimento cuja base é granular (Brita Graduada, Macadame Hidráulico, etc.), deverá ser executado um tratamento superficial simples de acordo com a ESP-08/92 sobre a base previamente impermeabilizada. Este tratamento visa melhorar as condições da interface da base com a camada de rolamento. Não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva.

A camada de rolamento deve ser confinada lateralmente pela borda superior biselada (chanfrada) da sarjeta, com a finalidade de evitar trincamento próximo à borda.
A distribuição do concreto asfáltico morno somente será permitida quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 100C, e com tempo não chuvoso.

5.2 PREPARO DA SUPERFÍCIE
A superfície que irá receber a camada de concreto asfáltico deverá se apresentar limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais. Eventuais defeitos existentes deverão ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

A pintura de ligação deverá apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência, quando da execução do concreto asfáltico. Se necessário, nova pintura de ligação deverá ser aplicada, previamente à distribuição da mistura.

O tráfego de caminhões, para início do lançamento do concreto asfáltico morno sobre a pintura de ligação somente será permitido após o rompimento e cura do ligante aplicado.

5.3 PRODUÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO
O concreto asfáltico deverá ser produzido em usina apropriada, que atenda aos requisitos apresentados no item 4.3 desta especificação. A usina deverá ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.

A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico deverá ser, necessariamente, determinada em função da relação temperatura x viscosidade para cada tipo de ligante.

Para o cimento asfáltico convencional, não modificado, a temperatura mais conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta viscosidade Saybolt-Furol na faixa de 75 a 95 segundos.

Para o cimento asfáltico modificado com borracha de pneus, a temperatura deverá ser determinada, para cada tipo de ligante, em função relação temperatura-viscosidade Brookfield, conforme NBR 15529.

Para o cimento asfáltico modificado por polímeros, a temperatura deverá ser determinada, para cada tipo de ligante, em função da relação temperatura-viscosidade Brookfield, conforme NBR 15184.

Não é permitido o aquecimento do cimento asfáltico acima de 1770 C.

A temperatura do agregado deverá ser reduzida conforme orientação do fornecedor do aditivo surfactante para que as condições de temperatura de usinagem recomendadas sejam atendidas.

A temperaturas mínimas deverão atender aos limites indicados na TABELA 1.

A produção de concreto asfáltico e a frota de veículos de transporte deverão assegurar a operação contínua da vibro-cabadora.

O tempo de misturação deverá ser o mínimo que propicie mistura homogênea com os agregados e filer, recobertos uniformemente pelo ligante.

5.4 TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO
O concreto asfáltico será transportado da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes com caçambas metálicas previamente limpas.

A aderência da mistura às chapas da caçamba será evitada mediante a aspersão prévia de solução de cal (uma parte de cal para três de água), água e sabão ou lubrificantes minerais. Em qualquer caso, o excesso de solução deverá ser retirado, antes do carregamento da mistura, basculando-se a caçamba.

As caçambas dos veículos serão cobertas com lonas impermeáveis durante o transporte, de forma a proteger a massa asfáltica quanto à ação de chuvas, eventual contaminação por poeira, perda de temperatura e queda de partículas durante o transporte.

O carregamento dos caminhões deve ser realizado de forma a minimizar a segregação da mistura na caçamba, inicialmente na frente, em seguida na parte de trás e por último no meio.

5.5 DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA
A distribuição do concreto asfáltico morno somente será permitida quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 100C, e com tempo não chuvoso.

A temperatura da mistura, no momento da distribuição deverá atender aos limites indicados na TABELA 1.

Para o caso de emprego de concreto asfáltico morno como camada de rolamento ou de ligação, a mistura deverá ser distribuída por uma ou mais acabadoras, atendendo aos requisitos anteriormente especificados.

Deverá ser assegurado, previamente ao início dos trabalhos, o conveniente aquecimento da mesa alisadora da acabadora à temperatura compatível com a da massa a ser distribuída. Observar que o sistema de aquecimento destina-se exclusivamente ao aquecimento da mesa alisadora, e nunca de massa asfáltica que eventualmente tenha esfriado em demasia.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas deverão ser corrigidas de imediato, pela adição manual de massa asfáltica, sendo o espalhamento desta efetuado por meio de ancinhos e/ou rodos metálicos. Esta alternativa deverá ser minimizada, uma vez que o excesso de reparo manual é prejudicial à qualidade do serviço.

Para o caso de distribuição de massa asfáltica de graduação "fina" em serviços de reperfilagem, poderá, opcionalmente, ser empregada motoniveladora, observando a temperatura mínima para distribuição indicada na TABELA 1.

5.6 COMPACTAÇÃO
A compactação da mistura asfáltica terá início imediatamente após a distribuição da mesma.

A fixação da temperatura de rolagem está condicionada à natureza da massa e às características do equipamento utilizado. Como norma geral, deve-se iniciar a compactação à temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura que deverá ser fixada experimentalmente para cada caso.

A prática mais frequente de compactação de misturas asfálticas densas usinadas contempla o emprego combinado de rolo de pneumático de pressão regulável e rolo metálico tandem de rodas lisas. Para misturas semidescontínuas do tipo "Gap Graded" utilizam-se exclusivamente rolos do tipo tandem metálico.

As coberturas dos equipamentos de compactação utilizados deverão seguir as seguintes orientações gerais:

* A compactação será executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;

* Em cada passada, o equipamento deverá recobrir, ao menos, a metade da largura rolada na passada anterior;

* O número de coberturas (passadas) de cada equipamento será definido experimentalmente, de forma a se atingir as condições de densidade previstas, enquanto a mistura apresentar trabalhabilidade adequada;

* A compactação final e acabamento da camada será realizada com o rolo metálico tandem de rodas lisas no modo estático, quando a superfície da mistura deverá estar bem desumidada.

A compactação através do emprego de rolo vibratório de rodas lisas, quando admitida pela Fiscalização, deverá ser verificada experimentalmente, na obra, de forma a permitir a definição dos parâmetros mais apropriados à sua aplicação (número de coberturas, frequência e amplitude da vibração). As regras clássicas de compactação de misturas asfálticas, anteriormente estabelecidas, permanecem inalteradas.

As espessuras máximas de cada camada individual, após compactação, deverão ser definidas na obra pela Fiscalização, em função das características de trabalhabilidade da mistura e da eficiência do processo de compactação, porém deverão atender aos limites do item 3.3 e Quadro 3.2.

5.7 JUNTAS
O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deverá assegurar adequadas condições de acabamento.

5.8 ABERTURA AO TRÁFEGO
A camada de concreto asfáltico recém acabada somente será liberada ao tráfego após o seu completo resfriamento.

6. MANEJO AMBIENTAL
Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque e operação da usina.

Devem ser observadas as determinações estabelecidas no Decreto nº 48.184/2007 para procedimentos de controle ambiental quanto à aquisição de agregados.

As usinas para produção da mistura asfáltica deverão estar devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente.

7. CONTROLES
7.1 CONTROLE TECNOLÓGICO DE MATERIAIS
Este controle abrange os ensaios e determinações para verificar se as condições dos materiais exigidos no projeto estão sendo atendidas.

7.1.1 Cimento asfáltico convencional
a) Para todo carregamento que chegar à usina, serão realizados os seguintes ensaios:

* um ensaio de viscosidade Saybolt-Furol (NBR 14950)
* um ensaio de ponto de fulgor (NBR 11341)
* um ensaio de determinação de formação de espuma, quando aquecido;

b) Para os três primeiros carregamentos, e posteriormente a cada dez carregamentos, serão executados ensaios de viscosidade Saybolt-Furol, a várias temperaturas (no mínimo três valores), que permitam o traçado da curva "viscosidade-temperatura" (sugerem-se três valores: 1200C, 1450C e 1770C);

c) Para cada conjunto de cinco carregamentos ou ainda a cada lote de serviço quando o volume necessário não atingir este valor, será coletada uma amostra do cimento asfáltico utilizado, para execução de ensaios previstos no quadro da TABELA 2.

7.1.2 Cimento asfáltico modificado (borracha/polímeros)
Para todo carregamento que chegar à usina, serão realizados os seguintes ensaios:

* um ensaio de viscosidade Brookfield, conforme NBR 15184/15529;
* um ensaio de penetração a 25 °C, conforme NBR 6576/DNER ME 003/99;
* um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560/DNER ME 247/94;
* um ensaio de recuperação elástica, conforme NBR 15086;
* um ensaio de determinação de formação de espuma, quando aquecido;
* um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341/DNER ME 148/94.

Para todo carregamento de cimento asfáltico modificado por polímero/borracha de pneus que chegar à usina deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada pelo contratado e rastreável quanto à origem e local de aplicação para eventuais ensaios posteriores.

Para cada conjunto de cinco carregamentos ou ainda a cada lote de serviço quando o volume necessário não atingir este valor, será coletada uma amostra do cimento asfáltico utilizado, para execução de ensaios previstos nas respectivas Tabelas.

7.1.3 Agregados e Filer
Periodicamente, a critério da fiscalização, será feita inspeção na usina e aos estoques de agregados e filer, visando garantir que os agregados estejam limpos, isentos de pó e outras contaminações prejudiciais, bem como as condições de armazenamento e estocagem, com ênfase na proteção dos agregados em locais apropriados, devendo estar protegidos da chuva, do vento e garantindo a separação por granulometria.

Quando se constatar alteração mineralógica (visual) no agregado estocado, e no mínimo uma vez por mês, deverão ser executados:

* Três ensaios de abrasão "Los Angeles" (PMSP ME-23/92);
* Três ensaios de durabilidade (DNER ME 089/94);
* Três ensaios de adesividade (PMSP ME-24/92);
* Três ensaios de índice de forma (DNER ME 086/94).

Diariamente, na usina, deverão ser realizados dois ensaios de granulometria (PMSP ME-20/92) de cada agregado empregado, e dois ensaios de equivalente de areia (DNER ME 054/97), para o agregado miúdo.

O controle do filer envolverá a realização de ensaio de granulometria a cada três dias de trabalho.

Serão realizados, ainda, para amostras de agregados coletadas nos silos quentes, dois ensaios de granulometria por "via lavada" (PMSP ME-20/92) por dia de trabalho.

7.1.4 Melhorador de Adesividade
A eficácia do melhorador de adesividade, quando utilizado, deverá ser verificada pela execução de três ensaios de adesividade (PMSP ME-24/92, NBR 15617, NBR 15618), no início da obra e sempre que forem constatadas mudanças no agregado.

7.2 CONTROLE DA EXECUÇÃO
7.2.1 Controle de Temperatura

O controle de temperatura, durante a produção de massa, compreenderá as leituras de temperaturas, envolvendo:

* Agregado nos silos quentes;
* Cimento asfáltico, antes da entrada do misturador;
* Massa asfáltica, nos caminhões carregados na usina.

O controle de temperatura, na pista, envolverá a leitura de temperatura:

* Em cada caminhão que chega à pista;
* Na massa asfáltica distribuída, no momento do espalhamento e no início da compactação.

7.2.2 Controle da Quantidade de Ligante e da Graduação da Mistura de Agregados

Para cada 200 t de massa, e ao menos uma vez por dia de trabalho, será coletada, imediatamente após a passagem da acabadora, uma amostra da mistura distribuída. Cada amostra será submetida aos seguintes ensaios:

* Extração de betume (DNER ME 053-94) ou, preferencialmente, ensaio de extração por refluxo - "Soxhlet" de 1000 ml;
* Análise granulométrica da mistura de agregados resultante das extrações (PMSP ME-20/92), e com amostras representativas de no mínimo 1000 g.

7.2.3 Controle das Características de Estabilidade e Fluência da Mistura

Para cada 400 t de massa, e ao menos uma vez por dia de trabalho, será coletada, imediatamente após a passagem da acabadora, uma amostra da mistura distribuída, com a qual serão moldados três corpos de prova Marshall, com a energia de compactação especificada.

Cada corpo de prova será submetido a rompimento na prensa Marshall, determinando a estabilidade e a fluência.

Ensaio de tração por compressão diametral a 250C (NBR 15087).

7.2.4 Controle da Compactação da Mistura
A cada 100 t de massa compactada, será obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa (≈101,6 mm), em local correspondente, aproximadamente, à trilha de roda externa. Um destes pontos deverá, necessariamente, coincidir com o ponto de coleta de amostras para extração de betume e moldagem de corpos de prova Marshall, descrito em 7.2.2 e 7.2.3.

De cada amostra extraída com sonda rotativa, será determinada a respectiva massa específica aparente (PMSP ME-45/92) e a estabilidade e fluência Marshall (PMSP ME-42/92).

Comparando os valores obtidos para as massas específicas aparentes dos corpos de prova extraídos com rotativa e a massa específica aparente da dosagem, serão determinados os correspondentes graus de compactação.

Deverá ser assegurada a imediata recomposição dos furos abertos pela extração de corpos de prova, com a mesma energia de compactação.

7.2.5 Controle Geométrico e de Acabamento
7.2.5.1 Controle de Espessura

A espessura da camada de concreto asfáltico será avaliada por meio dos corpos de prova extraídos com sonda rotativa, ou pelo nivelamento da seção transversal, antes e depois do espalhamento da mistura. Neste caso serão nivelados cinco pontos para as camadas de rolamento ou "binder" (eixo, bordos e dois pontos intermediários) e sete pontos para as camadas de reperfilagem (eixo, bordos e trilhas de roda).

7.2.5.2 Controle de Acabamento da Superfície
As condições de acabamento da superfície serão apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais. Em particular, serão avaliadas as condições de desempenho da camada, a quantidade das juntas executadas e a inexistência de marcas decorrentes de má qualidade da distribuição e/ou de compactação inadequada.

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

7.3 CONTROLE DE RECEBIMENTO
7.3.1 Recebimento com Base no Controle Tecnológico dos Materiais

7.3.1.1 Cimento Asfáltico
O cimento asfáltico recebido no canteiro será aceito, desde que atendidos os seguintes requisitos:

* Os valores de viscosidade, penetração, ponto de amolecimento e ponto de fulgor estejam de acordo com os valores especificados;

* No caso de ligantes modificados, os valores de recuperação elástica também atendam ao especificado;

* O material não produza espuma, quando aquecido à temperatura preconizada para cada ligante;
* Os resultados dos ensaios de controle de qualidade do CAP sejam julgados satisfatórios.

7.3.1.2 Agregados e Filer

O agregado gráudo, o agregado miúdo e o filer utilizados serão aceitos, desde que atendidas as seguintes condições:

* O agregado gráudo atenda aos requisitos do item 3.2.1 desta Instrução de Execução no que se refere à abrasão "Los Angeles", durabilidade e lamelaridade;

* O agregado miúdo atenda aos requisitos do item 3.2.2 desta Instrução de Execução no que se refere aos ensaios de equivalente de areia;

$$\bar{X} - K.S \geq 95\%$$

Onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

X – Grau de Compactação

N – nº de determinações efetuadas

K - coeficiente indicado na tabela valor coeficiente "K" para controle estatístico grau de compactação

Xi - valores individuais da amostra.

Valor do coeficiente "K" para controle estatístico do grau de compactação					
N	K	N	K	N	K
3	1,05	10	0,77	30	0,66
4	0,95	12	0,75	40	0,64
5	0,89	14	0,73	50	0,63
6	0,85	16	0,71	100	0,60
7	0,82	18	0,70	---	---
8	0,80	20	0,69	---	---
9	0,78	25	0,67	---	---

7.3.3 Recebimento com Base no Controle Geométrico

Os serviços executados serão aceitos quanto ao controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

a) Quanto à espessura da camada acabada:
* A espessura média determinada estatisticamente deverá situar-se no intervalo de ± 5%, em relação à espessura prevista em projeto;

A determinação estatística da espessura média da camada é efetuada pela expressão seguinte:

$$e = \bar{X} - \frac{k - S}{N}$$

Onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

e – Espessura média

N – nº de determinações efetuadas;

K - coeficiente indicado na tabela valor do coeficiente "K" para controle estatístico da espessura da camada;

S - desvio padrão;

Xi – valores individuais das amostras

* O filer apresentar-se seco, sem grumos, e enquadrado na granulometria especificada;

* As variações ocorridas nas granulometrias, com amostras coletadas nos silos quentes, estejam contidas dentro dos limites estabelecidos.

7.3.1.3 Aditivos

A quantidade, a forma de incorporação dos aditivos ao cimento asfáltico e o tempo de circulação do asfalto deverão estar de acordo com os critérios estabelecidos pelo fornecedor.

O melhorador de adesividade, quando utilizado, deverá produzir "adesividade satisfatória" no ensaio (PMSP ME-24/92/ NBR 15617/NBR 15618).

Os aditivos melhoradores de adesividade, quando utilizados, devem ser aceitos desde que os resultados individuais da razão da resistência à tração por compressão diametral estática após e antes da imersão seja superior a 0,70.

7.3.2 Recebimento com Base no Controle de Execução

7.3.2.1 Temperaturas

a) A produção da mistura betuminosa será aceita quanto ao controle de temperaturas, se:

* As faixas de temperatura (máxima e mínima) para usinagem e compactação estejam de acordo com as estabelecidas pelo fornecedor do ligante asfáltico;

* Temperaturas do cimento asfáltico ou de agregados superiores a 1770C implicam na rejeição da massa produzida;

* A temperatura de aquecimento do agregado medida nos silos quentes deve ser até 100C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere 1770C;

* As temperaturas medidas na saída dos caminhões da usina deve situar-se em uma faixa suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor.

b) A massa asfáltica chegada à pista será aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:

* Atender as temperaturas mínimas da TABELA 1;

* A temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propicie adequadas condições de compactação tendo em vista o equipamento utilizado e o grau de compactação objetivado.

7.3.2.2 Quantidade de Ligante e Graduação da Mistura de Agregados

a) A quantidade de cimento asfáltico obtida pelo ensaio de extração por refluxo "Soxhlet", em amostras individuais, não deverá variar, em relação ao teor de projeto, de mais do que 0,3%, para mais ou para menos. A média aritmética obtida, para conjuntos de 9 (nove) valores individuais, não deverá, no entanto, ser inferior ao teor de projeto;

b) Durante a produção, a granulometria da mistura poderá sofrer variações em relação à curva de projeto, respeitadas as tolerâncias indicadas no quadro 7.1 e os limites da faixa granulométrica adotada.

Quadro 7.1

Granulometria da Mistura – tolerâncias admitidas	% Passando em Peso
Peneira de Malhas Quadradas	
9,5 a 38mm (3/8" a 1 1/2")	+/- 7
0,42 a 4,8 mm nº 40 a nº 4	+/-5
0,175 mm nº 80	+/-3
0,075mm nº200	+/-2

7.3.2.3 Características de Estabilidade e Fluência da Mistura

a) Os valores de estabilidade e fluência Marshall, deverão atender ao disposto no Quadro 3.3;

b) A eventual ocorrência de valores que não atendam ao especificado, poderá resultar na não aceitação do serviço. As falhas deverão ser corrigidas mediante ajustes racionais na formulação do traço e/ou no processo executivo.

7.3.2.4 Compactação

a) No que se refere ao Grau de Compactação haverá aceitação se:

* Não for obtido nenhum valor inferior a 97%;

For satisfeita a seguinte relação: