

	COMANDO DA AERONÁUTICA DIRETORIA DE ENGENHARIA DA AERONÁUTICA
	ESPECIFICAÇÕES GERAIS PARA OBRAS DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA
	04.05.610 – CONCRETO BETUMINOSO USINADO A QUENTE

1 – OBJETIVO

Esta Especificação fixa as condições de execução de camadas de revestimento, de base ou de nivelamento em concreto betuminoso usinado a quente, sobre camadas de pavimento preparadas.

A camada de concreto betuminoso é o produto resultante da mistura a quente, em usina apropriada, de agregado mineral graduado, material de enchimento e cimento asfáltico, espalhada e comprimida a quente, de forma que, após a conclusão do serviço, as declividades, espessuras e propriedades da mistura definidas em projeto sejam atendidas.

2 – MATERIAIS

2.1 – Material asfáltico

O cimento asfáltico deverá ser selecionado tendo em vista as condições geográficas e climáticas do local da obra e as exigências requeridas em projeto. Poderão ser utilizados os seguintes cimentos asfálticos:

Cimentos asfálticos classificados por penetração: CAP-30/45, CAP-50/60 e CAP-85/100.

Cimentos asfálticos classificados por viscosidade: CAP-7, CAP 20 e CAP 40.

Cimentos asfálticos modificados por polímeros podem ser utilizados desde que indicados no projeto e/ou previamente aprovados pela Fiscalização.

2.2 – Agregados

Os agregados que compõem a mistura do concreto asfáltico consistem de pedra britada, areia e material mineral fino e inerte. A porção de material retida na peneira número 4 é denominada agregado graúdo, o que passa na peneira 4 e fica retido na peneira 200, denomina-se agregado miúdo e a porção que passa na peneira 200 chama-se material de enchimento (filler).

2.2.1 – Agregado graúdo

O agregado graúdo pode ser pedra britada ou outro material indicado nas Especificações Técnicas Complementares e previamente aprovado pela Fiscalização. Deverá apresentar boa adesividade, fragmentos sãos, duráveis, e estar isento de torrões de argila e de substâncias nocivas.

O agregado graúdo deverá ser submetido a ensaios de laboratório e ter suas características enquadradas dentro dos limites estabelecidos abaixo:

- a) o percentual de desgaste, determinado pelo ensaio de abrasão Los Angeles (NBR NM51), não poderá ser superior a:
 - 40%, quando a mistura for destinada a camadas de superfície ou rolamento (capa); e
 - 50%, para camadas de regularização ou binder;

- b) o índice de forma, determinado pelo método DNER ME 086, deverá ser superior a 0,6; e
- c) nas regiões de clima frio, onde há ocorrência de geada ou congelamento, os agregados graúdos deverão ser ensaiados quanto à durabilidade a sulfatos (DNER ME 089), sendo toleradas perdas de até 10% em relação ao sulfato de sódio e de até 13% em relação ao sulfato de magnésio.

2.2.2 – Agregado miúdo

O agregado miúdo deverá ser constituído de materiais provenientes da britagem de rocha, tais como pó-de-pedra, e que sejam resistentes e possuam moderada angulosidade. Deverão ser isentos de torrões de argila ou silte e de materiais pulverulentos.

Areia natural poderá ser utilizada como parte do agregado miúdo para ajustar a granulometria ou para melhorar a trabalhabilidade do concreto asfáltico. No entanto, o total em peso de areia em relação ao total em peso do agregado não poderá exceder em 20%.

O agregado miúdo deverá apresentar um índice de plasticidade inferior a 6%, um limite de liquidez inferior a 25% e um equivalente de areia, determinado pelo método de ensaio NBR 12052, igual ou superior a 35%.

2.2.3 – Material de enchimento (Filler)

Quando a presença de finos nos agregados for insuficiente para enquadrar a granulometria do concreto asfáltico, poderão ser utilizados materiais específicos de enchimento, chamados de filler.

O filler deverá ser constituído de materiais minerais finamente divididos, inertes em relação aos demais componentes da mistura e não plásticos ($IP < 6$), tais como o cimento Portland, cal extinta, pós calcários, cinza volante e similares, desde que atendam a seguinte granulometria:

PENEIRAS		Porcentagem Mínima Passando
Abertura (mm)	Nº	
0,42	40	100%
0,18	80	95%
0,074	200	65%

No momento da aplicação, o filler deverá estar seco e isento de grumos.

2.2.4 – Melhorador de adesividade

Quando necessário deverá ser utilizado melhorador de adesividade. A verificação da adesividade entre o ligante betuminoso e os agregados graúdo e miúdo deverá ser realizada, antes do estudo do traço, conforme as normas NBR 12583 – verificação da adesividade ao ligante betuminoso ao agregado graúdo e NBR 12584 – verificação da adesividade ao ligante betuminoso ao agregado miúdo.

A quantidade de melhorador de adesividade a ser misturado no cimento asfáltico deverá ser determinada em laboratório e aprovada pela Fiscalização.

2.3 – Definição da composição da mistura betuminosa

A mistura betuminosa deverá ser composta de uma mistura de agregados bem graduados, cimento asfáltico e, se necessário, material de enchimento. Os diversos

agregados deverão ser divididos por tamanho e combinados em proporções em que a mistura resultante atenda aos requisitos da mistura de projeto.

2.3.1 – Granulometria da mistura de projeto

Deverá corresponder, conforme a espessura da camada a executar, a uma das faixas indicadas no quadro 2.1. A faixa adotada não deverá conter partículas com diâmetro máximo superior a 2/3 da espessura da camada de revestimento.

O diâmetro máximo corresponde à abertura da malha quadrada da peneira, em milímetros, a qual corresponde uma porcentagem retida acumulada igual ou inferior a 5% em massa.

Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

PENEIRA		PERCENTUAL PASSANDO (%)			
Nº	ABERTURA (mm)	Faixa 1	Faixa 2	Faixa 3	Faixa 4
1½"	38,1	100	-	-	-
1"	25,4	86 - 98	100	-	-
¾"	19,1	68 - 93	76 - 98	100	-
½"	12,7	57 - 81	66 - 86	79 - 99	100
⅜"	9,5	49 - 69	57 - 77	68 - 88	79 - 99
4	4,8	34 - 54	40 - 60	48 - 68	58 - 78
10	2,0	19 - 40	23 - 43	29 - 49	35 - 55
40	0,42	7 - 20	9 - 22	11 - 24	15 - 29
80	0,18	4 - 13	6 - 17	6 - 17	9 - 19
200	0,074	3 - 6	3 - 6	3 - 6	3 - 6
Teor de asfalto (%)		4,5 - 7,0	4,5 - 7,0	5,0 - 7,5	5,5 - 8,0
Espessura mínima da camada (cm)		6,0	4,0	3,0	2,0

2.3.2 – Requisitos da mistura de projeto

A estabilidade e características correlatas da mistura asfáltica de projeto deverão ser determinadas pelo Método Marshall (NBR 12891) e satisfazer aos requisitos indicados no quadro 2.2.

Deverão satisfazer aos requisitos do "Tipo A" os seguintes pavimentos:

- aqueles que se destinam a operações de aeronaves de massa bruta superior a 27.300kgf ou dotadas de pneus de pressões superiores a 0,70MPa;
- aqueles que se destinam ao tráfego de viaturas com carga de eixo superior a 10.000kgf ou com tráfego superior a 10.000 repetições anuais;

Deverão satisfazer aos requisitos do "Tipo B" os seguintes pavimentos:

- aqueles que se destinam a operações de aeronaves de massa bruta inferior a 27.300kgf, ou dotadas de pneus de pressões iguais ou inferiores a 0,70MPa;

- aqueles que se destinam ao tráfego de viaturas com carga de eixo inferior a 10.000kgf ou com tráfego inferior a 10.000 repetições anuais;

Quadro 2.2. – Requisitos a serem satisfeitos pela mistura asfáltica.

Características	Tipos	
	“A”	“B”
Estabilidade (N)	<i>mín: 9.500 máx: 16.000</i>	<i>mín: 6.000 máx: 9.000</i>
Fluência Máxima (0,25 mm)	<i>10-14</i>	<i>10-18</i>
Vazios da Mistura (V.V., %)	<i>2,8 a 4,2</i>	<i>2,8 a 4,2</i>
Relação Betume-Vazios (R.B.V., %)	<i>70 - 80</i>	<i>75 - 82</i>
Nº de Golpes em cada face dos Corpos de Prova	<i>75</i>	<i>50</i>

Os agregados minerais utilizados na mistura de projeto deverão atender aos valores mínimos de vazios no agregado mineral (VAM) indicados no quadro 2.3.

Quadro 2.3.

Tamanho máximo do agregado		Mínimo Vazios (VAM) %
in	mm	
1/2"	12,5	16
3/4"	19,0	15
1"	25,0	14
1 1/2"	38,1	13

Os valores de estabilidade obtidos no ensaio Marshall deverão ser corrigidos em função da espessura dos corpos de prova (h) ensaiados para a espessura padrão de 6,35cm. A correção é realizada multiplicando o valor encontrado pelo fator de correção ($f_{\text{correção}}$) obtido a partir da equação 2.1.

$$f_{\text{correção}} = \begin{cases} \frac{7,90}{h - 1,12} & \text{para } 2,5 \leq h < 3,6\text{cm} \\ \frac{4,00}{h - 2,35} & \text{para } 3,6 \leq h < 7,6\text{cm} \end{cases} \quad \text{equação 2.1}$$

Onde h é a espessura dos corpos de prova em cm.

O traço da mistura deverá ser submetido, com a necessária antecedência, à apreciação da Fiscalização. Para tanto, deverá conter todos os elementos necessários, tais como granulometria, densidades reais, cálculo das características dos corpos de prova, curva destes valores, etc.

2.3.3 – Trecho experimental

Dependendo do projeto, a Fiscalização poderá exigir a execução de um trecho experimental, com a finalidade de:

- a) avaliar o fator de empolamento da mistura a ser lançada na pista;
- b) calibrar os controles eletrônicos de greide da acabadora;
- c) avaliar a necessidade ou não de calibrações da usina e dos demais equipamentos; e
- d) verificar a qualidade da mistura que a usina irá produzir.

O trecho experimental deverá ser executado após a aprovação do traço da mistura, nas dimensões mínimas de 90m de comprimento e de 6m a 9m de largura, a ser realizado em duas faixas com junta longitudinal fria.

O trecho deverá ser executado com a mesma espessura da camada prevista e os equipamentos deverão ser os mesmos destinados à construção da referida camada.

Deverão ser moldados pelo menos três corpos de prova com o material coletado na usina para a determinação, em laboratório, de todas as características da massa usinada (volume de vazios, estabilidade, fluência, R.B.V. etc.) e pelo menos dois para análise de teor de betume e granulometria.

Após a compactação do trecho experimental, três corpos de prova deverão ser extraídos no centro de cada uma das faixas e outros três corpos de prova ao longo da junta longitudinal para a determinação da densidade de campo.

O trecho experimental será considerado aceito quando:

- a) os resultados da estabilidade, fluência, densidade da camada, densidade da junta e volume de vazios estiverem 90% dentro dos limites de aceitação exigidos no item 5.5 desta especificação para o tipo de mistura definido em projeto;
- b) os resultados da granulometria e teor de asfalto estiverem de acordo com os valores exigidos no item 5.6 desta especificação para o tipo de mistura definido em projeto; e
- c) o resultado do volume de vazios no agregado mineral estiver de acordo com o exigido no quadro 2.3.

A liberação para a construção ocorrerá somente quando o trecho experimental for considerado aceito pela Fiscalização.

Caso o trecho experimental não seja aceito, correções no projeto de mistura asfáltica ou alteração nos equipamentos deverão ser realizadas e um novo trecho experimental deverá ser construído.

Será medido e pago apenas o trecho experimental que for considerado aceito pela Fiscalização.

3 – EQUIPAMENTOS

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado pela Fiscalização e estar de acordo com esta Especificação, sem o que não poderá ser iniciado o serviço.

3.1 – Depósitos de material asfáltico

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

3.2 – Usinas

As usinas deverão estar preparadas para produzir, uniformemente, as misturas asfálticas dentro das exigências requeridas por esta especificação e para o tipo de mistura definida em projeto.

Além dos dispositivos de segurança e de controle de emissão de partículas, as usinas deverão possuir os seguintes dispositivos:

- a) Silos de estocagem dispostos de modo a separar e armazenar, adequadamente, as frações apropriadas dos agregados. Cada silo deverá possuir dispositivos adequados de descarga para o alimentador do tambor secador;
- b) Silo adequado para estocagem do material de enchimento (*filler*) e dispositivos alimentadores para dosagem da mistura de projeto, na quantidade requerida;
- c) Tambor secador destinado a secagem e aquecimento dos agregados nas temperaturas exigidas nesta especificação;
- d) Filtros de forma a reduzir os índices de emissão de partículas no ar provenientes do processo de mistura e secagem dos agregados.

Poderão ser utilizadas usinas dos tipos gravimétrica ou volumétrica.

3.2.1 – Requisitos para usinas gravimétricas

Deverão estar equipadas com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, e dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme. Um termômetro com proteção metálica e escala de 90°C a 210°C ($\pm 1^\circ\text{C}$) deverá ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do 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 termelétricos aprovados, colocados na descarga do secador para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de $\pm 5^\circ\text{C}$.

3.2.2 – Requisitos para usinas volumétricas

Equipadas com tambor secador / misturador, as usinas volumétricas deverão possuir um sistema de descarga da mistura betuminosa com comporta ou em silos de estocagem. Os silos de agregados deverão possuir sistema de pesagem dinâmica (com precisão de 5%) de forma a garantir uma granulometria homogênea da mistura dos agregados.

Os silos de estocagem da mistura betuminosa podem ser utilizados para o armazenamento desde que o silo possua isolamento térmico e o período não exceda 24 horas. Mesmo assim, a mistura betuminosa só será liberada para utilização se estiver dentro da faixa de temperatura especificada.

3.3 – Veículos de transporte da mistura

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

O pára-choque traseiro e o chassi dos caminhões deverão ser adaptados de forma que não haja contato entre estas peças com a vibro-acabadora durante o serviço de espalhamento da massa asfáltica.

3.4 – Acabadoras

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 estar 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 alisadores e dispositivos para aquecimento dos mesmos, à temperatura requerida, para colocação da mistura sem irregularidades, bem como dotadas de equipamentos de controle de greide longitudinal eletrônico para garantia da qualidade da superfície.

3.5 – Equipamentos de compressão

Deverão ser constituídos por: rolo pneumático e rolo metálico vibratório liso, tipo tandem, ou outro equipamento aprovado pela Fiscalização. Os rolos compressores, tipo tandem, deverão ter uma massa de 8t a 12t. Os rolos pneumáticos autopropulsores deverão ser dotados de pneus que permitam a calibragem de 0,25MPa a 0,84MPa.

O equipamento em operação deverá ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

4 – EXECUÇÃO

4.1 – Preparação do material betuminoso

O material betuminoso deverá ser aquecido até atingir uma temperatura adequada e homogênea que permita um suprimento contínuo e uniforme de ligante no misturador da usina, evitando-se superaquecimentos localizados, de forma a permitir o recobrimento adequado dos agregados.

A temperatura de aplicação do material betuminoso deverá ser determinada para cada tipo de cimento asfáltico, em função da relação temperatura / viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o asfalto apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 a 150 segundos Saybolt-Furol (ABNT MB 517) (150cS a 300cS) indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 85 ± 10 segundos Saybolt-Furol ($170cS \pm 20cS$).

O material betuminoso não poderá ser aquecido a temperaturas superiores a 160°C.

4.2 – Preparação do agregado mineral

Os agregados deverão ser previamente aquecidos e secados antes de entrarem no misturador da usina. A máxima temperatura deverá ser tal que não ocorram danos aos agregados. Quando em contato com material betuminoso, dentro do misturador da usina, a temperatura dos agregados não poderá ser superior a

175°C. Em geral, os agregados minerais são aquecidos de 10°C a 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico.

4.3 – Produção do concreto asfáltico

Os agregados e o material betuminoso deverão ser pesados e/ou medidos na proporção definida pela mistura de projeto antes de entrarem no misturador da usina.

Os materiais combinados deverão ser misturados até que todo o agregado fique uniformemente envolvido com material betuminoso.

Misturas fabricadas a temperaturas inferiores a 107°C ou superiores a 177°C serão rejeitadas pela Fiscalização e não serão utilizadas, devendo ser retiradas do canteiro de obras.

A umidade da mistura na descarga da usina não poderá ser superior a 0,5%. A produção da mistura deverá ser suficiente para evitar interrupções no espalhamento com a vibro-acabadora.

4.4 – Preparação da superfície

Antes da aplicação da camada de concreto asfáltico, a superfície que irá recebê-la deverá estar imprimada (com imprimação ou pintura de ligação), limpa e isenta de materiais soltos.

Se decorrerem mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter ocorrido tráfego sobre a superfície imprimada, ou, ainda, de ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra etc., deverá ser executada uma pintura de ligação por conta da Contratada.

4.5 – Transporte do concreto asfáltico

O concreto asfáltico produzido deverá ser transportado, da usina até o ponto de aplicação, nos veículos basculantes especificados no item 3.3 desta especificação.

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

A quantidade de veículos utilizados deverá ser suficiente para que não ocorram interrupções no espalhamento executado pela vibro-acabadora.

4.6 – Distribuição da mistura

O processo envolvendo a produção e a aplicação da mistura betuminosa deverá ser coordenada de forma que a distribuição e a compactação do concreto asfáltico seja feita de forma contínua e com o mínimo de paralisações da vibro-acabadora.

A largura das faixas a ser executada pelas máquinas acabadoras para a aplicação da mistura betuminosa deverá ser dimensionada de forma a minimizar o número de juntas longitudinais.

As juntas longitudinais deverão estar afastadas pelo menos 30cm das juntas longitudinais da camada subjacente. Da mesma forma, as juntas transversais deverão estar afastadas pelo menos 3m da camada inferior.

Além disso, as juntas transversais deverão estar deslocadas também pelo menos 3m das camadas adjacentes.

4.7 – Compressão da mistura

Imediatamente após a distribuição do concreto asfáltico, a mistura deverá ser uniformemente compactada por rolagem. A seqüência de rolagem e o tipo de rolo a ser utilizado deverão ser definidos a critério do Construtor.

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

Como norma geral, a temperatura de rolagem deverá ser a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa fixada experimentalmente, para cada caso.

A temperatura recomendável de compressão da mistura é aquela para a qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade (Saybolt-Furol), de 140 ± 15 segundos ($280\text{cSt} \pm 30\text{cSt}$). Em nenhum caso será permitida a compactação de misturas com temperaturas inferiores a 107°C .

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 comprimida e, conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas.

Em áreas não acessíveis aos rolos compactadores, a compactação deverá ser realizada com compactadores manuais.

Ao final da compactação, a camada de concreto betuminoso aplicada deverá apresentar uma textura uniforme e possuir a espessura, greide, contorno geométrico, densidade e volume de vazios requeridos em projeto.

4.8 – Juntas frias

Quando uma faixa for executada seis horas após a faixa adjacente ter sido compactada, as juntas, tanto longitudinais quanto transversais, deverão ser serradas com auxílio de uma serra de disco diamantado, lavadas com água e secas com jatos de ar comprimido.

As faces serradas das juntas deverão receber uma camada de pintura de ligação antes da aplicação da faixa adjacente.

As juntas deverão ser realizadas de forma a garantir uma perfeita aderência entre as camadas adjacentes e se obter a densidade requerida no quadro 5.2 desta especificação.

Esforços deverão ser feitos para que sejam minimizadas as construções de juntas frias longitudinais e, também, para que sejam maximizadas as distâncias entre juntas frias transversais.

4.9 – Rampas de concordância

Rampas para concordância entre as camadas de concreto betuminoso novo e a camada inferior serão executadas para que não ocorra comprometimento da segurança das operações das aeronaves durante o rolamento.

Deverão ser executadas quando o serviço estiver sendo realizado em pistas de pouso, rolamento ou pátios, que devam ser liberados ao tráfego de aeronaves ao longo da intervenção.

As rampas de concordância deverão possuir as seguintes dimensões mínimas:

- no sentido do rolamento das aeronaves: 2,50m de comprimento para cada 5cm de espessura de camada; e

- paralelamente ao sentido de rolamento das aeronaves: 1,0m para cada 5cm de espessura de camada.

Depois de compactada a rampa deverá ser limpa e não possuir agregados soltos, principalmente na concordância com o pavimento existente, onde a espessura se anula.

Não deverá ser aplicada a pintura de ligação sob a rampa de transição para facilitar sua futura remoção.

4.10 – Abertura ao tráfego

O tráfego de aeronaves e/ou veículos sobre um revestimento recém-construído somente deverá ser autorizado após o resfriamento deste até a temperatura ambiente.

4.11 – Limitações Climáticas

A mistura betuminosa não poderá ser aplicada quando estiver chovendo, quando a superfície que irá recebê-la estiver úmida ou quando a temperatura da superfície for inferior a 10°C.

Quando ocorrer uma chuva sobre uma camada que estiver sendo executada, a Fiscalização irá avaliar as condições da mistura aplicada para exigir ou não a sua substituição.

5 – CONTROLE

5.1 – Controle de qualidade dos materiais

5.1.1 – Cimento asfáltico

Deverá constar dos seguintes ensaios:

- um ensaio de viscosidade absoluta a 60°C (NBR 5847), quando o cimento asfáltico for classificado por viscosidade, para todo o carregamento que chegar à obra; ou
- um ensaio de penetração a 25°C (NBR 6576), quando o cimento asfáltico for classificado por penetração, para todo o carregamento que chegar à obra;
- um ensaio de ponto de fulgor (NBR 11341) para todo carregamento que chegar à obra;
- um índice de Suscetibilidade Térmica, para cada 100t, calculado pela expressão:

$$IS = \frac{500 \cdot \log(PEN) + 20 \cdot tC - 1951}{120 - 50 \cdot \log(PEN) + tC}; \quad \text{Limites: } (-1,5 \leq IS \leq 1,0)$$

onde *PEN* é a penetração a 25°C (NBR 6576) e *tC* é a temperatura do ponto de amolecimento (NBR 6560).

- um ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra;
- um ensaio de viscosidade Saybolt-Furol (MB 517), para todo carregamento que chegar à obra; e
- um ensaio de viscosidade Saybolt-Furol (MB 517), a diferentes temperaturas, para a determinação da curva viscosidade x temperatura, para cada 100t.

O material asfáltico será considerado aceito se os resultados dos ensaios relacionados acima atenderem aos limites estipulados no regulamento técnico número 01/92, rev. 02, do Departamento Nacional de Combustíveis – DNC, para o asfalto especificado no projeto.

5.1.2 – Agregados

Deverá constar dos seguintes ensaios:

- a) dois ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por dia (NBR 7217). A curva granulométrica deverá manter-se contínua e obedecer às tolerâncias apresentadas no quadro 5.1.
- b) um ensaio de desgaste Los Angeles, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (NBR NM 51);
- c) um ensaio de índice de forma, para cada 900m³ (DNER-ME 086/94);
- d) um ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por dia (NBR 12052); e
- e) um ensaio de granulometria do material de enchimento (filler), por dia (NBR 7217).

Os agregados serão aceitos se os resultados dos ensaios relacionados acima se enquadrarem nos limites estabelecidos no item 2 desta Especificação.

5.2 – Controle de temperatura

Deverão ser efetuadas constantemente medidas de temperatura, ao longo da jornada de trabalho, de 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 início da rolagem de pista.

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

As temperaturas deverão satisfazer às temperaturas especificadas anteriormente, com uma tolerância de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

5.3 – Controle de qualidade da mistura

5.3.1 – Mistura produzida

A mistura deverá ser ensaiada para a verificação de suas características através de amostras que representarão um lote de material.

Um lote de material será considerado como:

- a) um dia de produção inferior a 2.000t; ou
- b) meio dia de produção, quando se espera uma produção diária entre 2.000t e 4.000t.

Quando existir mais de uma usina produzindo misturas asfálticas simultaneamente para o serviço, deverão ser considerados lotes de material separados para cada usina.

Deverá constar dos seguintes ensaios:

- três extrações de betume (DNER-ME 053/94) de amostras coletadas na saída da usina, no caminhão ou na pista, para a realização dos ensaios de granulometria dos agregados (NBR 7217) e de determinação da quantidade de ligante (DNER ME 053/94) presente na mistura, para cada lote de material;
- dois ensaios Marshall (NBR 12891) com três corpos de prova retirados após a passagem da acabadora e antes da compressão para a verificação dos valores especificados no quadro 2.2 para estabilidade mínima, fluência máxima, volume de vazios da mistura de projeto e relação betume-vazios, para cada lote de material.

A qualidade da mistura produzida será considerada aceita quando os resultados dos ensaios acima atenderem aos requisitos descritos nos itens 5.5.1 e 5.5.2 desta especificação.

5.4 – Controle de qualidade da mistura aplicada

Deverá constar dos seguintes ensaios:

- uma determinação da densidade aparente (NBR 8352) a cada 500m² ou, no mínimo, quatro medições por dia de serviço;
- uma determinação da densidade aparente nas juntas (NBR 8352) a cada 100m de junta construída ou, no mínimo, quatro medições por dia de serviço.

Os corpos-de-prova deverão ser extraídos da mistura comprimida, por meio de sondas rotativas, em pontos escolhidos aleatoriamente pela Fiscalização.

A qualidade da mistura aplicada será considerada aceita quando os resultados dos ensaios acima atenderem aos requisitos descritos no item 5.5.3 desta especificação.

5.5 – Critérios para aceitação

5.5.1 – Granulometria e teor de asfalto

Os resultados dos ensaios de granulometria e de determinação do teor de asfalto realizados deverão atender aos limites exigidos no quadro 5.1.

Quadro 5.1

PENEIRAS		Limites
NUMERO	ABERTURA (mm)	
$\frac{3}{4}$ "	19	-
$\frac{1}{2}$ "	12,5	± 6,0%
$\frac{3}{8}$ "	9,5	± 6,0%
4	4,75	± 6,0%
10	2,0	± 5,0%
40	0,42	± 4,0%
80	0,18	± 3,0%
200	0,074	± 2,0%
Teor de asfalto		± 0,45%

Essas tolerâncias se relacionam com a curva granulométrica da mistura de projeto, a qual é fixada com base nas faixas especificadas no quadro 2.1.

5.5.2 – Estabilidade, fluência e volume de vazios

O critério para a aceitação das características de estabilidade, fluência e volume de vazios, para cada lote de mistura produzida, será baseado no método da Percentagem Dentro dos Limites – PDL (DIRENG-MC 01), tendo como limites de tolerância os valores apresentados no quadro 5.2. A Contratada deverá atingir um valor de PDL superior a 85%.

Os ensaios para a determinação das características acima serão realizados em corpos-de-prova moldados com mistura recém-usinada.

Quadro 5.2. Limites de tolerância para aceitação da estabilidade, fluência, e volume de vazios

Características	Tipo “A”		Tipo “B”	
	I	S	I	S
Estabilidade Mínima (N)	8.000	16.000	4.500	9.000
Fluência Máxima (0,25 mm)	8	16	8	20
Vazios da Mistura (V.V., %)	2,0	5,0	2,0	5,0

Onde I é o limite inferior de tolerância e S o limite superior de tolerância.

5.5.3 – Densidade da mistura compactada e das juntas

O critério para a aceitação das características de densidade, para cada lote de mistura compactada, será baseado no método da Percentagem Dentro dos Limites – PDL (DIRENG-MC 01), tendo como limites de tolerância os valores apresentados no quadro 5.3. A Contratada deverá atingir um valor de PDL superior a 85%.

Os ensaios para a determinação das características acima serão realizados em corpos-de-prova extraídos no campo, com auxílio de sondas rotativas.

Quadro 5.3. Limites de tolerância para aceitação da densidade da mistura aplicada e da densidade das juntas

Características	Tipo “A”		Tipo “B”	
	I	S	I	S
Densidade da mistura (%)	96,3	-	96,3	-
Densidade da mistura nas juntas (%)	93,3	-	93,3	-

Onde I é o limite inferior de tolerância e S o limite superior de tolerância.

5.5.4 – Espessura e greide

A superfície da camada acabada não deverá variar em relação às cotas de projeto mais do que 10,0mm. O greide acabado será determinado após o nivelamento dos pontos apresentados nas notas de serviço de campo.

Quando mais de 15% dos pontos nivelados de uma determinada área estiverem fora desta tolerância, a área deficiente deverá ser removida e reconstruída. A remoção deverá ser feita de forma que seja possível se reconstruir uma camada betuminosa com pelo menos 3cm de espessura.

5.5.5 – Irregularidades

A superfície final do revestimento deverá satisfazer os alinhamentos, perfis e seções do projeto. As irregularidades serão medidas com auxílio de uma régua de 3,60m de comprimento, paralela e perpendicularmente ao eixo da pista, a cada metro. Os locais a serem medidos serão definidos pela Fiscalização.

Os desníveis medidos com a régua de 3,60m não poderão variar mais que 10,0mm nas camadas intermediárias ou 7,0mm na camada superficial. Quando mais de 15% das medições estiverem fora desta tolerância, a área deficiente deverá ser removida e reconstruída. A remoção deverá ser feita de forma que seja possível se reconstruir uma camada betuminosa com pelo menos 3cm de espessura.

5.5.6 – Controle complementar de acabamento da superfície das pistas de pouso

Quando solicitado nas Especificações Técnicas do projeto, ou quando o serviço estiver sendo executado em Bases Aéreas que operem aeronaves do tipo Caça, deverá também ser efetuado o seguinte controle, no sentido longitudinal:

Escolhem-se dois alinhamentos paralelos ao eixo longitudinal, um de cada lado, e distantes dele 4 m, no máximo. Sobre cada alinhamento faz-se um nivelamento topográfico, de metro em metro.

Os desvios absolutos entre as cotas obtidas no nivelamento topográfico e as cotas de projeto deverão atender às seguintes condições:

- a) haver, no mínimo, 80 (oitenta) desvios absolutos menores que 6 mm para cada 120 m de pista analisados, considerando-se cada alinhamento isoladamente;
- b) o máximo desvio absoluto permitido deverá ser de 8 mm;
- c) os desvios absolutos entre 6 mm e 8 mm deverão ser aleatórios, não se permitindo mais do que duas repetições consecutivas destes valores.

6 – MEDIÇÃO

O concreto asfáltico usinado a quente será medido por volume de mistura aplicada, após a compressão do material.

Não será descontado volume algum se os pontos executados estiverem dentro da tolerância prevista nesta especificação em relação às cotas de projeto.

Deverão ser descontados os volumes executados a menor, no caso de haver ocorrência de pontos executados abaixo da tolerância das espessuras de projeto.

7 – PAGAMENTO

Os serviços serão pagos pelos preços unitários contratuais, em conformidade com a medição referida no item anterior, que remuneram o fornecimento de todos os materiais, o preparo, o transporte, o espalhamento e a compressão da mistura, os custos referentes à utilização dos equipamentos e todos os custos diretos e indiretos de todas as operações, encargos gerais, mão-de-obra e leis sociais, necessários à completa execução dos serviços.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR NM 51 – Agregado graúdo - Ensaio de abrasão “Los Angeles”

ABNT NBR 5847 – Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade absoluta

ABNT NBR 6560 – Materiais betuminosos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola;

ABNT NBR 6576 – Materiais betuminosos - Determinação da penetração;

ABNT NBR 7217 – Agregados – Determinação da composição granulométrica;

ABNT NBR 8352 – Mistura betuminosa - determinação da densidade aparente

ABNT NBR 11341 – Produtos de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland;

ABNT NBR 12052 – Solo ou agregado miúdo - Determinação de equivalente de areia

ABNT NBR 12583 – Agregado graúdo - Verif. da adesividade ao ligante betuminoso

ABNT NBR 12584 – Agregado miúdo - Verif. da adesividade ao ligante betuminoso

ABNT NBR 12891 – Dosagem de misturas pelo método Marshall

ABNT MB 517 – Material betuminoso - determinação da viscosidade Saybolt-Furol a alta temperatura.

DIRENG-MC 01 – Método de controle – Método para estimar a percentagem de material dentro dos limites da especificação

DNER ES 313/97 – Pavimentação - Concreto betuminoso

DNER ME 053/94 – Misturas betuminosas - percentagem de betume

DNER ME 086/94 – Agregado - determinação do índice de forma

DNER ME 089/94 – Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio

FAA – AC 150.5370-10A – *Standards for specifying construction of airports – Item P-401 Plant mix bituminous pavements*
