



# IE – 05/2010

## CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 1. OBJETIVO

O objetivo deste documento é a definição dos critérios que orientam a produção, dosagem, usinagem, execução, aceitação e medição de camadas constituídas de misturas asfálticas do tipo concreto asfáltico com asfalto borracha, em obras de pavimentação sob a jurisdição da Prefeitura do Município de São Paulo.

### 2. DESCRIÇÃO

Concreto asfáltico com asfalto borracha é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas. É composto por agregado graduado, cimento asfáltico de petróleo modificado por borracha moída de pneus, material de enchimento (filer) e, se necessário, melhorador de adesividade, sendo espalhada e compactada a quente.

Os serviços consistem no fornecimento, carga, descarga, e usinagem de materiais, mão de obra e equipamentos necessários à execução e ao controle de qualidade de camadas de Concreto Asfáltico com asfalto borracha.

De acordo com a posição relativa e a função na estrutura, a mistura de concreto asfáltico com asfalto borracha deverá atender as características especiais em sua formulação, recebendo geralmente as seguintes designações:

- Camada de rolamento: camada destinada a receber diretamente a ação do tráfego. A mistura empregada deverá apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade superficiais que proporcionem segurança ao tráfego, mesmo sob condições climáticas e geométricas adversas.
- Camada intermediária de ligação ou "binder": camada posicionada logo abaixo da camada de rolamento. Geralmente apresenta uma maior percentagem de vazios e menor consumo de ligante, em relação à camada de rolamento.

### 3. MATERIAIS

Os materiais constituintes do concreto asfáltico com asfalto borracha são: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento ou filer, ligante asfáltico modificado por borracha moída de pneus e melhorador de adesividade, caso necessário.

Os materiais utilizados devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pela Prefeitura do Município de São Paulo.



# IE – 05/2010

## CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 3.1 MATERIAIS ASFÁLTICOS

Os cimentos asfálticos de petróleo modificados por adição de borracha moída de pneus devem possuir as seguintes características:

- o teor mínimo de borracha deve ser de 15% em massa, incorporada no ligante asfáltico; é expressamente proibida a industrialização na própria obra;
- o ligante asfalto-borracha deve atender aos requisitos apresentados na Tabela 1;
- o tempo máximo e as condições de armazenamento e estocagem do asfalto borracha, para diferentes situações, devem ser definidos pelo fabricante;

Todo carregamento de asfalto borracha que chegar à usina deve apresentar por parte do fabricante ou distribuidor o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondentes à data de carregamento para transporte com destino a usina de asfalto. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a fábrica e a usina de asfalto.

**TABELA 1 Propriedades do Ligante Asfalto-Borracha**

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ASFALTO-BORRACHA		ME
		Tipo AB 8	Tipo AB 22	
Penetração, 100g, 5s, 25°C	0,1mm	30-70	30-70	DNER ME 003/99
Pto Amolecimento, min, °C	°C	55	57	DNER ME 247/94
Viscosidade Brookfield, 175°C, 20rpm Spindle-3	cP	800-2000	2200-4000	NBR 15529
Ponto de Fulgor, min	°C	235	235	DNER ME 148/94
Recuperação Elástica Ductilômetro, 25°C, 10cm, min	%	50	55	NBR 15086
Estabilidade à estocagem, máx	°C	9	9	DNER ME-384/99
EFEITO DO CALOR E DO AR (RTFOT) a 163°C (*)				
Varição em massa, máx	%	1	1	NBR 15235:2006
Varição ponto de amolecimento, máx	°C	10	10	DNER ME-247/94
Porcentagem penetração Original, mín	%	55	55	DNER ME 003/99
Porcentagem recuperação elástica original, 25°C 10cm, min	%	100	100	NBR 15086

(\*) Ensaios no resíduo do material resultante do ensaio NBR 15235



# IE – 05/2010

## CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 3.2 AGREGADOS

#### 3.2.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo, assim considerado o material retido na peneira de 4,8 mm ( $n^{\circ}$  4), será constituído por produtos de britagem provenientes de rochas sãs (granitos, gnaisses, basalto, etc), apresentando partículas limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo os seguintes requisitos:

- a) Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 89/94), os agregados deverão apresentar perdas inferiores a 12%;
- b) Para o agregado retido na peneira de 2,0 mm ( $n^{\circ}$  10), a porcentagem de desgaste no ensaio de abrasão "Los Angeles" (PMSP/SIURB ME-23/92) não deverá ser superior a 40%;
- c) Deve apresentar boa adesividade com o ligante asfáltico a ser utilizado (PMSP/SIURB ME-24/92). Caso isto não ocorra, deve ser empregado um melhorador de adesividade;
- d) Deve apresentar índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086/94) e porcentagem de partículas lamelares não superior a 10% (NBR 6954).

#### 3.2.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo, assim considerado o material que passa na peneira de 4,8 mm ( $n^{\circ}$  4), será constituído por areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deverão ser atendidos os seguintes requisitos:

- a) O equivalente de areia (PMSP/SIURB ME-12/92) de cada fração componente do agregado miúdo (pó-de-pedra e/ou areia) deverá ser igual ou superior a 55%;
- b) É vetado o emprego de areia proveniente de cavas e/ou barrancas de rio sem o devido beneficiamento. Sua utilização só será possível após análises e liberações pela Fiscalização no caso de pavimentação de vias de tráfego leve e médio. No caso de vias de tráfego meio pesado, pesado e muito pesado somente serão aceitas frações de agregado miúdo decorrentes de britagem de rocha.

#### 3.2.3 Material de Enchimento (Filer)

O material de enchimento deverá ser constituído pela parte fina do pó-de-pedra, cimento Portland, cal hidratada ou pó calcário. Quando da aplicação, o fíler deverá estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deverá obedecer os limites indicados no Quadro 3.1.



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

**Quadro 3.1**  
**Limites para granulometria do filer**

<b>PENEIRA</b>	<b>%EM PESO QUE PASSA</b>
0,420mm (n <sup>o</sup> 40)	100
0,175 mm(n <sup>o</sup> 80)	95-100
0,075 mm(n <sup>o</sup> 200)	65-100

### **3.2.4 Melhorador de Adesividade**

A necessidade do emprego de melhorador de adesividade deverá ser avaliada através de ensaio de adesividade (PMSP ME-24/92; NBR 15618; NBR 15617).

Não havendo boa adesividade entre o ligante sfáltico e os agregados, deve ser empregado melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto da mistura. Os aditivos poderão ser os produtos químicos líquidos melhoradores de adesividade ou cal hidratada.

### **3.3 COMPOSIÇÃO DA MISTURA**

A faixa granulométrica a ser utilizada deverá ser selecionada em função da utilização prevista para o concreto asfáltico com asfalto borracha. A composição da mistura deverá satisfazer os requisitos do Quadro 3.2. Deverão ser obedecidos, ainda, os seguintes requisitos:

- a) A faixa granulométrica a ser usada deve ser aquela que corresponde ao projeto estrutural do pavimento e cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura acabada (compactada) da camada;
- b) A fração retida entre duas peneiras consecutivas, com exceção das duas de maior malha de cada faixa, não deverá ser inferior a 4% do total;
- c) As granulometrias das frações passantes na peneira 2,0mm deverão ser obtidas por "via lavada";
- d) As condições obtidas no ensaio Marshall (PMSP/SIURB ME-42/92), para a estabilidade, fluência, porcentagem de vazios e relação betume-vazios deverão atender os limites apresentados no Quadro 3.3;
- e) Nos casos da utilização de misturas asfálticas com asfalto borracha para camada de rolamento os vazios do agregado mineral (% VAM) deverão atender aos valores do Quadro 3.4, definidos em função do diâmetro máximo do agregado empregado.



**IE – 05/2010**  
**CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO**  
**COM ASFALTO BORRACHA**

**Quadro 3.2**  
**Requisitos para composição da mistura**

PENEIRAS		I	II	III	IV	GAP Graded (*)	
						GAPI	GAP II
50	2"	100	-	-	-	-	-
38	1 1/2"	95-100	100	-	-	-	-
25	1"	75-100	95-100	-	-	-	-
19	3/4"	60-90	80-100	100	100	100	-
12,5	1/2"	-	-	80-100	88-100	90-100	100
9,52	3/8"	35-65	45-80	70-90	78-94	78-92	80-100
4,8	4	25-50	28-60	44-72	60-80	28-42	25-40
2,38	8	-	-	-	44-60	-	19-32
2,0	10	20-40	20-45	22-50	-	14-24	-
1,2	16	-	-	-	-	-	16-22
0,6	30	-	-	-	-	-	10-18
0,42	40	10-30	10-32	8-26	20-35	8-17	-
0,3	50	-	-	-	-	-	8-13
0,175	80	5-20	8-20	4-16	12-24	5-11	-
0,15	100	-	-	-	-	-	6-10
0,075	200	1-8	3-8	2-10	6-12	2-7	4-7
UTILIZAÇÃO		LIGAÇÃO	ROLAMENTO LIGAÇÃO	ROLAMENTO		ROLAMENTO	
TIPO DE TRAFEGO (IP-02)		MÉDIO A MUITO PESADO		MÉDIO A MTO. PESADO	MÉDIO	PESADO MTO PESADO	
ESPESSURA MÁXIMA COMPACTADA (cm)		6,0	6,0	6,0	5,0	5,0	

(\*) GAP Graded – Faixa de Granulometria Descontínua



**IE – 05/2010**  
**CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO**  
**COM ASFALTO BORRACHA**

**Quadro 3.3 Ensaio Marshall (Valores Recomendados)**

ITEM	TRÁFEGO – IP-02
ENSAIO PMSP/SP ME-42/92	MEDIO A MUITO PESADO
Nº GOLPES/FACE	75
ESTABILIDADE MÍNIMA kN	8
FLUÊNCIA (mm)	2,0 a 4,0
(0,01")	8-16
<b>% DE VAZIOS TOTAIS</b>	
LIGAÇÃO	4 a 7
ROLAMENTO	3 a 5
GAP	4 a 6
<b>RELAÇÃO BETUME/VAZIOS(%)</b>	
LIGAÇÃO	65 a 75
ROLAMENTO	70 a 80
GAP	65 a 78
<b>RT(MPa) – Resistência à tração por compressão diametral (NBR 15087)</b>	
LIGAÇÃO	0,65
ROLAMENTO	0,80
GAP	0,50

**Quadro 3.4**  
**Limites Recomendados para % de Vazios do Agregado Mineral (VAM)**

DIÂMETRO MÁXIMO	% VAM MÍNIMO (4% VAZIOS)
38 mm	11
25 mm	12
19 mm	13
16 mm	14
12,5 mm	14
9,5 mm	15



# IE – 05/2010

## CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 4. EQUIPAMENTOS

Todo equipamento deverá ser inspecionado pela Fiscalização, devendo dela receber aprovação, sem o que não será dada a autorização para o início dos serviços. Caso necessário, a Fiscalização poderá exigir a vistoria do equipamento por engenheiro mecânico ou técnico qualificado.

Os equipamentos básicos para execução dos serviços de concreto asfáltico com asfalto borracha são compostos das seguintes unidades:

#### 4.1 DEPÓSITOS PARA CIMENTO ASFÁLTICO

- a) Os depósitos para o cimento asfáltico deverão ser capazes de aquecer o material, conforme as exigências técnicas estabelecidas por esta Instrução, através de serpentinas a vapor, óleo, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto de chamas com o depósito;
- b) É necessário que sejam instalados agitadores mecânicos nos tanques e um sistema de circulação para o ligante asfáltico, de modo a garantir a circulação contínua do depósito ao misturador durante todo o período de operação.
- c) Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento térmico, a fim de evitar perdas de calor;
- d) Todas as tubulações devem apresentar diâmetro maior que 2 <sup>1/2</sup>”; devem ser evitadas muitas curvas nas tubulações para ligante modificado por borracha de pneu;
- e) A capacidade dos depósitos de cimento asfáltico deverá ser suficiente para o atendimento de, no mínimo, três dias de serviço.

#### 4.2 DEPÓSITOS PARA AGREGADOS E SILOS DOSADORES

Os agregados devem ser estocados convenientemente, isto é, em locais drenados, cobertos, dispostos de maneira que não haja mistura de agregados, preservando a sua homogeneidade e granulometria e não permitindo contaminações de agentes externos. A transferência para silos de armazenamento deve ser feita o mais breve possível.

- a) Os silos dosadores deverão ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações dos agregados;
- b) Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga, passíveis de regulação;
- c) O sistema de alimentação deverá ser sincronizado, de forma a assegurar a adequada proporção dos agregados frios e a constância de alimentação;
- d) O material de enchimento (fíler) será armazenado em silo apropriado, conjugado com dispositivos que permitam a sua dosagem;



**IE – 05/2010**  
**CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO**  
**COM ASFALTO BORRACHA**

- e) Em conjunto, a capacidade de armazenamento dos silos deverá ser, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador.

**4.3 USINAS PARA MISTURAS ASFÁLTICAS**

- a) A usina utilizada deverá apresentar condições de produzir misturas asfálticas uniformes, devendo ser totalmente revisada e aferida em todos os seus aspectos antes do início da produção;
- b) A usina empregada deverá ser equipada com unidade classificadora de agregados após o secador, a qual distribuirá o material para os silos quentes;
- c) As balanças utilizadas nas usinas gravimétricas devem apresentar precisão de 0,5%, quando aferidas através do emprego de massa-padrão. São necessários, no mínimo, 10 (dez) massas padrão, cada qual com  $25 \text{ kg} \pm 15\text{g}$ ;
- d) O sistema de coleta do pó deverá ser comprovadamente eficiente, a fim de minimizar os impactos ambientais. O material fino coletado deverá ser devolvido, no todo, em parte, ou não retornado ao misturador;
- e) O misturador deverá ser do tipo "pug-mill", com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, devendo possuir dispositivo de descarga de fundo ajustáveis e controlador do ciclo completo da mistura;
- f) A usina deverá ser equipada com os seguintes sistemas de controle de temperatura:
- I. Um termômetro de mercúrio ou com escala em "dial" ou pirômetro elétrico ou outros instrumentos termométricos adequados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente, para registrar a temperatura dos agregados;
  - II. Um termômetro com proteção metálica e graduação até  $200^{\circ}\text{C}$ , instalado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga no misturador;
  - III. No caso de sistema de filtragem por filtros de manga, deverá ser instalado um termômetro para proteção das mangas com desligamento automático do maçarico, no caso de excesso de temperatura.
- g) Especial atenção deverá ser conferida à segurança dos operadores da usina, particularmente no que tange à eficácia dos corrimãos das plataformas e escadas, à proteção de peças móveis e à de circulação dos equipamentos de alimentação de silos e transporte da mistura, devendo ser seguida a legislação de segurança do trabalho pertinente;





## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

- h) A usina deve possuir ainda uma cabine de comando e quadros de força. Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para esta aplicação. A operação de pesagem de agregados e do ligante asfáltico deve ser semi-automática com leitura instantânea e acumulada, por meio de registros digitais em *display* de cristal líquido. Devem existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de ligantes asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios.
- i) As usinas devem possuir capacidade para usinagem de misturas até 200°C.
- j) O motor da usina deverá apresentar potência  $\geq 15$  CV, bomba superior a 2 1/2 “ e tubulações com diâmetro maior que 2 1/2 “; deverá ser retirado filtro do asfalto e bicos da usina, bem como deverão ser evitadas muitas curvas em todo o sistema de tubulação.
- k) Especialmente para o ligante de maior viscosidade (Tipo AB 22), deverão adicionalmente ser verificados outros fatores como a distância do tanque ao ponto de descarga no misturador e tipo de equipamento (potência da bomba).

### 4.4 CAMINHÕES PARA TRANSPORTE DA MISTURA

O transporte da mistura betuminosa deverá ser efetuado através de caminhões basculantes com caçambas metálicas limpas e lubrificadas com água e sabão, solução de cal, óleo mineral ou similar, de modo a evitar aderência da mistura à chapa, providas de lona impermeável para proteção da mistura.

### 4.5 EQUIPAMENTOS PARA DISTRIBUIÇÃO

- a) A distribuição da mistura asfáltica será normalmente efetuada através de acabadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos;
- b) A acabadora deverá ser preferencialmente equipada com esteiras metálicas para sua locomoção;
- c) A acabadora deverá possuir, ainda:
  - I. sistema composto por parafuso de rosca-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;
  - II. sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para a frente e para trás;
  - III. alisadores, vibradores e dispositivos para seu aquecimento à temperatura especificada, de modo que não ocorra irregularidade na distribuição da massa;
  - IV. dispositivo eletrônico de nivelamento;



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

V. sistema de vibração que permita pré-compactação na mistura espalhada.

### 4.6 EQUIPAMENTO PARA COMPRESSÃO

- a) A compressão da mistura betuminosa será efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso tandem, ambos autopropelidos;
- b) O rolo pneumático deverá ser dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 35 a 120 lb/pol<sup>2</sup> (250 kPa à 850 kPa). É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida;
- c) O rolo compressor de rodas metálicas lisas, tipo tandem, deverá ter peso compatível com a espessura da camada;
- d) O emprego de rolos lisos vibratórios poderá ser admitido, desde que a frequência e a amplitude vibratória possam ser ajustadas às necessidades do serviço, e que sua utilização tenha sido comprovada em serviços similares, não incorra em fissuração da camada e não ocorram danos em imóveis lindeiros;
- e) Em qualquer caso, os equipamentos utilizados deverão ser eficientes no que se refere à obtenção do grau de compactação de projeto preconizado para a camada no período em que a mistura se apresentar em condições de temperatura que lhe assegurem adequada trabalhabilidade;
- f) Para misturas descontínuas do tipo “Gap Graded” utilizam-se exclusivamente rolos do tipo tandem metálico.

### 4.7 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS ACESSÓRIOS

Serão utilizados, complementarmente, os seguintes equipamentos e ferramentas:

- a) Soquetes mecânicos ou placas vibratórias, para a compressão de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais;
- b) Pás, enxadas, garfos, rodos, vassourões, carrinhos de mão e ancinhos, para operações complementares.

## 5. EXECUÇÃO

### 5.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As seguintes recomendações de ordem geral são aplicáveis à execução da camada de Concreto asfáltico com asfalto borracha:



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

- a) No caso do uso de camada de rolamento esbelta (igual ou inferior a 5 cm) em pavimento cuja base é granular (Brita Graduada, Macadame Hidráulico, ou outra camada de comportamento granular) 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;
- b) O concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C.
- c) Não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva;
- d) A camada de rolamento deve ser confinada lateralmente pela borda superior biselada (chanfrada) da sarjeta, com a finalidade de evitar trincamento próximo à borda.

### **5.2 PREPARO DA SUPERFÍCIE**

- a) A superfície que irá receber a camada de concreto asfáltico com asfalto borracha deverá se apresentar limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais;
- b) Eventuais defeitos existentes deverão ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura;
- c) A pintura de ligação deverá apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência, quando da execução do concreto asfáltico com asfalto borracha. Se necessário, nova pintura de ligação deverá ser aplicada, previamente à distribuição da mistura;
- d) O tráfego de caminhões, para início do lançamento do concreto asfáltico com asfalto borracha sobre a pintura de ligação só é permitido após o rompimento e cura do ligante aplicado.

### **5.3 PRODUÇÃO DO CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA**

- a) O concreto asfáltico com asfalto-borracha 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;
- b) A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico modificado com borracha de pneus empregado deve ser indicada e justificada pelo fabricante e não deve exceder a 180 °C.
- c) A temperatura de aquecimento dos agregados deverá ser de 5 a 10°C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, sem ultrapassar 180°C;
- d) A produção de concreto asfáltico com asfalto borracha e a frota de veículos de transporte deverão assegurar a operação contínua da vibroacabadora;



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

- e) Deverá ser verificada experimentalmente a eficiência e homogeneização do recobrimento do agregado pelo ligante asfáltico, para eventuais calibrações nos volumes de produção e/ou tempo de mistura.

### **5.4 TRANSPORTE DO CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO-BORRACHA**

- a) O concreto asfáltico com asfalto borracha será transportado da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes com caçambas metálicas previamente limpas;
- b) 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;
- c) O carregamento dos caminhões deve ser realizado de forma a evitar segregação da mistura dentro da caçamba primeiro na frente, segundo na traseira, por último, no meio;
- d) 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.

### **5.5 DISTRIBUIÇÃO DA MISTURA**

- a) A distribuição do concreto asfáltico com asfalto borracha somente será permitida quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso;
- b) 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;
- c) A temperatura da mistura, no momento da distribuição, não deverá ser inferior a 150°C em qualquer hipótese;
- d) Para o caso de emprego de concreto asfáltico com asfalto borracha como camada de rolamento ou de ligação, a mistura deverá ser distribuída por uma ou mais acabadoras, atendendo aos requisitos anteriormente especificados;
- e) 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.



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 5.6 COMPRESSÃO

- a) A compressão da mistura asfáltica terá início imediatamente após a distribuição da mesma;
- b) 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 compressão à temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura esta fixada experimentalmente, em cada caso;
- c) A temperatura mínima recomendável para a compactação da mistura é de 150°C, devendo ser ajustada no campo em função dos equipamentos de compactação, condições ambientais e de serviço que garantam as características requeridas pela mistura, por ocasião do projeto de dosagem.

A prática mais freqüente de compactação de misturas asfálticas densas usinadas a quente contempla o emprego combinado de rolo de pneumáticos de pressão regulável e rolo metálico tandem de rodas lisas, de acordo com as seguintes premissas:

- Inicia-se a rolagem com o rolo pneumático atuando com baixa pressão;
  - À medida que a mistura for sendo compactada, e com o conseqüente crescimento de sua resistência, seguem-se coberturas (passadas), com incremento gradual da pressão do pneu;
  - A compactação final será efetuada com o rolo metálico tandem de rodas lisas, quando então a superfície da mistura deverá estar bem desempenada;
  - O número de coberturas (passadas) de cada equipamento será definido experimentalmente, de forma a se atingir as condições de densidade prevista, enquanto a mistura se apresentar com trabalhabilidade adequada.
- d) As coberturas dos equipamentos de compressão utilizados deverão seguir as seguintes orientações gerais:
    - A compressão 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;
  - e) A compressão 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, freqüência e amplitude da vibração). As regras clássicas de compressão de misturas asfálticas, anteriormente estabelecidas, permanecem inalteradas;



## IE – 05/2010

# CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

- f) As espessuras máximas de cada camada individual, após compressão, deverão ser definidas na obra pela Fiscalização, em função das características de trabalhabilidade da mistura e da eficiência do processo de compressão, 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, de modo que não sejam constatadas irregularidades nas emendas.

### 5.8 ABERTURA AO TRÁFEGO

A camada de concreto asfáltico com asfalto borracha 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 modificado por borracha de pneu

Para todo carregamento que chegar à usina, serão realizados os seguintes ensaios:

- a) um ensaio de viscosidade *Brookfield*, conforme ASTM D 2196 a 175°C;
- b) um ensaio de penetração a 25 °C, conforme NBR 6576;
- c) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560;
- d) um ensaio de recuperação elástica, segundo NBR 15086;
- e) um ensaio de determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175 °C.
- f) um ensaio de ponto de fulgor (PMSP ME-27/92)



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

Para todo carregamento de cimento asfáltico modificado por borracha de pneu que chegar à obra 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 na Tabela 1.

### **7.1.2 Agregados e Fíler**

a) 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, devendo estar protegidos da chuva, do vento e garantindo a separação por granulometria ;

b) 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 89/94);
- Três ensaios de adesividade (PMSP ME-24/92; NBR 15617; NBR 15618; NBR 12583; NBR 12884);
- Três ensaios de índice de forma/lamelaridade (DNER ME 086/94; NBR 6954)

c) 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 (PMSP/SIURB ME 12/92), para o agregado miúdo;

d) O controle do filer envolverá a realização de ensaio de granulometria, a cada três dias de trabalho;

f) 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.

## **7.2 CONTROLE DA EXECUÇÃO**

### **7.2.1 Controle de Temperatura**

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

- Cimento asfáltico, antes da entrada no tambor ou no misturador;
- Massa asfáltica, nos caminhões carregados na usina.



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

b) 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 compressão.

### **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:

- a) Extração de betume (DNER ME 53/94) ou, preferencialmente, ensaio de extração por refluxo - "Soxhlet" de 1000 ml; quando for utilizado o método DNER ME 053 ou ASTM D 2172, o teor de ligante obtido após a extração deve ser multiplicado por um fator de correção que leva em conta a percentagem de borracha não solúvel pelo solvente. Esse fator de correção deve ser indicado pelo fabricante.
- b) 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**

- a) 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;
- b) Cada corpo de prova será submetido a rompimento na prensa Marshall, determinando a estabilidade e a fluência.
- c) Ensaio de tração por compressão diametral a 25°C (NBR 15087).

### **7.2.4 Controle da Compressão da Mistura**

- a) A cada 100 t de massa compactada, será obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa ( $\Phi=101,6$  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;
- b) De cada amostra extraída com sonda rotativa, será determinada a respectiva massa específica aparente (PMSP/SIURB ME-45/92);





## IE – 05/2010

# CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

- c) 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;
- d) 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 com asfalto borracha 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), a cada 20m.

#### 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 compressão inadequada.

Durante a execução deverá ser feito diariamente um controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, 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 superfície entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas.

Para vias submetidas à tráfego tráfego meio pesado, pesado, muito pesado e corredores de ônibus também será exigido o controle de irregularidade para o acabamento longitudinal.

O acabamento longitudinal deve ser avaliado pela irregularidade longitudinal da superfície, em cada faixa de tráfego. A irregularidade da superfície deve ser verificada por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta devidamente calibrados, conforme DNER-PRO 164/94 e DNER PRO 182/94; opcionalmente, pode ser empregado o perfilômetro a laser na determinação do IRI – *International Roughness Index*.

As condições de segurança para vias de tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Corredores de Ônibus devem ser determinadas pela macrotextura do revestimento asfáltico, conforme ASTM E 965-96 (2006) através de ensaios de mancha de areia, espaçados a cada 100 m.

## 7.3 CONTROLE DE RECEBIMENTO

### 7.3.1 Recebimento com Base no Controle Tecnológico dos Materiais



## IE – 05/2010

# CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 7.3.1.1 Cimento Asfáltico de Petróleo modificado por borracha de pneu

O cimento asfáltico modificado por adição de borracha de pneu recebido na usina será aceito, desde que atendidos os seguintes requisitos:

- a) Os resultados individuais de viscosidade *Brookfield*, penetração, ponto de amolecimento e recuperação elástica atendam ao especificado na Tabela 1;
- b) O material não produza espuma, quando aquecido a 175 °C;
- c) Para cada carregamento, os resultados dos ensaios de controle de qualidade do CAP, previstos na especificação da PMSP, sejam satisfatórios.

### 7.3.1.2 Agregados e Filer

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

- a) O agregado graúdo atenda aos requisitos do item 3.2.1. desta Instrução de Execução no que se refere à abrasão “Los Angeles”, durabilidade e lamelaridade;
- b) 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 e durabilidade;
- c) O filer apresentar-se seco, sem grumos, e enquadrado na granulometria especificada;
- d) As variações ocorridas nas granulometrias, com amostras coletadas nos silos quentes, estejam contidas dentro dos limites estabelecidos.

### 7.3.1.3 Aditivos

- a) 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 fabricante;
- b) O melhorador de adesividade, quando utilizado, deverá produzir adesividade satisfatória no ensaio (PMSP ME-24/92);
- c) 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 produção da mistura será aceita em relação ao controle de temperaturas caso atendam aos seguintes requisitos:



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

- a) O fabricante deverá fornecer as faixas de temperatura (máxima e mínima) para usinagem e compressão.
- b) Temperaturas do cimento asfáltico ou de agregados superiores a 180°C implicam na rejeição da massa produzida;
- c) A temperatura de aquecimento dos agregados medida nos silos quentes deve ser até 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere 180°C;
- d) Temperaturas de cimento asfáltico inferiores a 150°C, ou dos agregados inferiores a 125°C implicam na condenação da massa produzida;
- e) As temperaturas medidas na saída dos caminhões da usina deve situar-se em uma faixa suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor.

A massa asfáltica chegada à pista será aceita quanto ao controle de temperaturas caso atenda aos seguintes critérios:

- a) A temperatura medida no caminhão não for menor do que o limite inferior da faixa de temperatura prevista para a mistura na usina, e nunca inferior a 150°C;
- b) A temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propicie adequadas condições de compressão 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**

<b>Peneira de Malhas Quadradas</b>	<b>% Passando em Peso</b>
9,5 a 38mm (3/8" a 1 1/2")	+/-7
0,42 a 4,8 mm n0 40 a n0 4	+/-5
0,175 mm n0 80	+/-3
0,075mm n0200	+/-2



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 7.3.2.3 Características de Estabilidade e Fluência da Mistura

- a) Os valores de estabilidade e fluência Marshall, deverão atender ao prescrito no item 3.3, alíneas d) e e);
- b) A eventual ocorrência de valores que não atendam ao especificado, poderá resultar na não aceitação do serviço. As falhas ocorrentes deverão ser corrigidas mediante ajustes racionais na formulação do traço e/ou no processo executivo.

### 7.3.2.4 Compressão

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

- Não for obtido nenhum valor inferior a 97%;
- For satisfeita a relação seguinte:

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

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

**X<sub>i</sub>** - 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



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

Os serviços executados serão aceitos, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

a) Quanto à espessura da camada acabada:

- A espessura média determinada estatisticamente deverá se situar no intervalo de  $\pm 5\%$ , em relação à espessura prevista em projeto;
- A determinação estatística da espessura média da camada é efetuada pela expressão seguinte:

$$e = \bar{X} - \frac{k * S}{N}, \text{ onde:}$$

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

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

**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;

**X<sub>i</sub>** – valores individuais das amostras

Não serão tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de  $\pm 10\%$ , em relação à espessura prevista em projeto;

b) Eventuais regiões em que se constate deficiência de espessura serão objeto de amostragem complementar, através de novas extrações de corpos de prova com sonda rotativa. As áreas deficientes, devidamente delimitadas, deverão ser reforçadas, às expensas da executante.

### Valor do coeficiente “k” para controle estatístico da espessura da camada

N	K	N	K	N	K
3	1,88	10	1,38	30	1,31
4	1,63	12	1,36	40	1,30
5	1,53	14	1,35	50	1,29
6	1,47	16	1,34	100	1,28
7	1,44	18	1,33	---	---
8	1,41	20	1,33	---	---
9	1,40	25	1,32	---	---



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

### 7.3.4 Aceitação do Acabamento

O serviço será aceito quanto ao acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) O controle de acabamento da superfície de revestimento, com o auxílio de duas régua uma de 3,00 m e outra de 0,90 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, não apresentar variações da superfície entre dois pontos quaisquer de contatos superiores a 0,5 cm, quando verificadas com qualquer uma das régua;
- b) As juntas executadas devem apresentar-se homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências;
- c) A superfície deve apresentar-se desempenada, não apresentando marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações decorrentes de variações na carga da vibroacabadora;

Para vias de tráfego Meio Pesado, Pesado, Muito Pesado e Corredores de ônibus, devem ser adicionalmente realizadas as seguintes verificações:

- a) Para pavimentos novos, serviços de recapeamento ou restauro de pavimentos antigos, a irregularidade longitudinal da superfície em cada faixa de tráfego deve apresentar o Quociente de Irregularidade (QI) com valores inferiores ou iguais a 35 contagens/km, e no caso da medida do IRI valores iguais ou inferiores a 2,7 m/km, em conformidade com as respectivas normas DNER PRO 164/94 e DNER PRO 182/94; opcionalmente, pode ser empregado o perfilômetro a laser na determinação do IRI – *International Roughness Index*;
- b) Se o QI for maior que 35 contagens/km, os trabalhos devem ser suspensos, não sendo permitido o reinício até que as ações corretivas sejam realizadas pela executante; os trechos devem ser corrigidos e novamente avaliados; onde forem feitas correções, a executante deve restabelecer as condições de rolamento e garantir a uniformidade em relação ao trecho contíguo não corrigido; os trabalhos corretivos devem estar completos antes da determinação da espessura da camada acabada; todos os trabalhos corretivos devem ser feitos às expensas da executante.
- c) A altura da areia determinada no ensaio de mancha de areia deve apresentar-se no intervalo de 0,6 mm a 1,2 mm, caracterizando uma classe de textura superficial de média a grossa, conforme ASTM E 965-96 (2006).

## 8. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTOS

### 8.1. MEDIÇÃO

A medição do serviço de execução de camada de Concreto Asfáltico com asfalto borracha, executado e recebido na forma descrita, será medido e pago por volume de mistura aplicada e



## IE – 05/2010 CAMADAS DE CONCRETO ASFÁLTICO COM ASFALTO BORRACHA

compactada, expressa em metro cúbico (m<sup>3</sup>), para cada uma das camadas, ou seja, camada de rolamento, camada de ligação.

### **8.2. PAGAMENTO**

O pagamento será feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representará a compensação integral para todas as operações, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços, em conformidade com a presente Instrução.