



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

1. OBJETIVO

O objetivo deste documento é a definição dos critérios que orientam a dosagem, usinagem e execução de base proveniente da reciclagem a frio em usina com espuma de asfalto do material fresado de camadas asfálticas do pavimento, em obras sob a jurisdição da Prefeitura do Município de São Paulo.

2. DESCRIÇÃO

Os serviços consistem no fornecimento, carga, transporte, descarga, usinagem, mão-de-obra, materiais e equipamentos necessários à execução e controle de qualidade da camada de Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto.

A Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto é uma mistura reciclada a frio obtida em usina que utiliza como agregado material proveniente da fresagem de pavimentos asfálticos (RAP – Reclaimed Asphalt Pavement) - em uma porcentagem mínima de 75% em relação à massa total de agregados e filer - agregados adicionais provenientes de britagem, pó calcário, cal hidratada, cimento Portland, ou outro filer, cimento asfáltico de petróleo (CAP) sob forma de espuma (Espuma de Asfalto) e água em proporções previamente determinadas em laboratório pelo ensaio Proctor, misturada, espalhada e compactada, de forma a compor uma nova camada de base do pavimento e executada em conformidade com a presente instrução. A camada de base constituída por material fresado com espuma de asfalto deverá ser empregada em vias que apresentam $N_{\text{CARACTERÍSTICO}} = 10^5$ repetições de carga do eixo padrão de 80 kN no período de projeto.

2.1 Definições

As seguintes definições foram adotadas na presente norma, com base na norma do DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes DNER ES-405/2000 e na ET-DE-P00/033 do Departamento de Estradas de Rodagem/SP:

Espuma de Asfalto é o estado temporário obtido a partir da injeção de ar sob pressão e pequena quantidade de água no cimento asfáltico de petróleo (CAP) aquecido à temperatura definida pelo fabricante do equipamento de reciclagem como a mais adequada para o tipo de CAP selecionado para a execução da obra, o que ocasiona forte expansão do ligante. Nesta condição, o produto é trabalhável à temperatura ambiente.

Taxa de Expansão é a relação entre o volume máximo do cimento asfáltico de petróleo no estado de “espuma” e o volume do cimento asfáltico de petróleo remanescente, após a espuma estar completamente assente.



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

Meia-vida é o tempo em segundos necessário para a espuma assentar à metade do volume máximo alcançado.

Relação de Resistências: Relação entre a resistência à tração indireta úmida (após condicionamento obtido por imersão do corpo de prova por 24 horas), sobre a resistência à tração indireta seca (sem condicionamento prévio). Estas resistências devem ser obtidas à temperatura de 25^oC, através do ensaio de compressão diametral dos corpos-de-prova Marshall (DNER ME 138/94) moldados com 50 golpes em cada uma das faces, e mantidos após desmoldagem pelo período de 72 horas em estufa a 60^oC.

3. MATERIAIS PARA A MISTURA

3.1 Cimento Asfáltico de Petróleo

Os ligantes asfálticos deverão ser cimento asfáltico de petróleo do tipo CAP-50/70 ou CAP-85/100 atendendo às exigências contidas na norma da Agência Nacional do Petróleo, Gás e Biocombustíveis em vigor (ANEXO A). Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar certificado de análise, além de trazer indicação clara da procedência, tipo e quantidade do conteúdo e distância de transporte entre a refinaria/fornecedor e a usina.

A temperatura de aquecimento do ligante asfáltico para espumação deverá ser definida pelo fabricante da usina como a mais adequada para cada tipo de ligante, limitada ao máximo de 175^oC.

3.2 Espuma de asfalto

A espuma de asfalto deve ser adequada em termos de expansão, meia vida e fluidez, para permitir uma mistura reciclada homogênea e possibilitando boa trabalhabilidade em temperatura ambiente.

Durante a execução da camada de Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto, a meia-vida e a taxa de expansão devem respeitar os limites indicados na dosagem da mistura pelo fabricante.

3.3 Material Fresado

O material fresado será constituído em sua totalidade de material resultante do processo de fresagem de camadas de pavimentos asfálticos.

O material fresado para fins de execução de camada de mistura reciclada com espuma de asfalto deverá ser isento de materiais indesejáveis (plásticos,



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

papéis/papelões, borrachas, vidros, gesso etc.) ou nocivos ao meio ambiente ou à saúde do trabalhador (produtos químicos, amianto, etc...).

O material fresado deverá ser estocado em área coberta e drenada, de forma a evitar excesso de umidade.

3.4 Agregados

3.4.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo, assim considerado o material retido na peneira de 4,8 mm (n^o 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 aos 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^o 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 material asfáltico (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% (ABNT NBR 6954).

3.4.2 Agregado Miúdo

O agregado miúdo, assim considerado o material que passa na peneira de 4,8 mm (n^o 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, ainda, 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.



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

3.5 Material de Enchimento (Filer)

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

Quadro 3.1
Limites para granulometria do filer

PENEIRA	%EM PESO QUE PASSA
0,420mm (N ^o 40)	100
0,175 mm(N ^o 80)	95-100
0,075 mm(N ^o 200)	65-100

4. MISTURA RECICLADA

O material fresado deve ser corrigido com adição de agregados virgens para que sua curva granulométrica resulte contínua e bem graduada, obedecendo as faixas granulométricas indicadas na Tabela 1.

A mistura reciclada deve atender aos seguintes requisitos:

a) a curva granulométrica da mistura de materiais deve ser contínua e enquadrar-se em uma das faixas da Tabela 1;

TABELA 1
FAIXAS GRANULOMÉTRICAS DA MISTURA

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa Passando		
ASTM	mm	A	B	TOLERÂNCIAS
2"	50,0	100	100	
1 ½"	37,5	86-100	83-100	+/- 8
1"	25,0	72-100	76-100	+/- 8
¾"	19,0	64-100	70-94	+/- 8
½"	12,7	53-84	62-86	+/- 8
3/8"	9,5	46-76	58-80	+/- 8
N ^o 4	4,8	34-62	42-68	+/- 8
N ^o 10	2,0	23-50	32-54	+/- 5
N ^o 40	0,42	11-32	16-35	+/- 5
N ^o 80	0,42	8-25	10-26	+/- 5
N ^o 200	0,075	8-20	8-20	+/- 3



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

- b) a mistura deve possuir um mínimo de 5% de finos passantes na peneira nº 200, para que a espuma se disperse convenientemente na mistura;
- c) no caso de uso de cimento como filer, a porcentagem deve ser preferencialmente 1%, e no máximo 2%;
- d) o teor de asfalto a ser utilizado deve ser determinado no laboratório, tendo como referência a faixa de 2% a 4%;
- e) a quantidade de água adicionada ao asfalto, usualmente está compreendida entre 1% e 2%, sobre o peso do asfalto, respeitando os valores mínimos para taxa de expansão e meia-vida indicados no projeto de mistura, que deverá ser fornecido pelo contratado;
- f) a mistura deve apresentar resistência média à tração indireta seca mínima de 0,28 MPa (3 corpos-de-prova para o cálculo da média) e resistência média à tração indireta saturada mínima de 0,20 MPa (3 corpos-de-prova para o cálculo da média). Estas resistências devem ser obtidas a 25°C por meio do ensaio de compressão diametral (DNER ME 138/94) dos corpos-de-prova Marshall moldados com 50 golpes por face. Todos os corpos-de-prova após moldagem deverão ser colocados pelo período de 72 horas em estufa a 60°C. Após permanência em estufa, os corpos-de-prova devem ser retirados da mesma e resfriados até a temperatura de equilíbrio de 25°C para então serem submetidos ao ensaio de ruptura por tração por compressão diametral – o valor de resistência à tração obtido é chamado de resistência à tração indireta seca. A média de resistências de três corpos-de-prova é denominada resistência média à tração indireta seca.

Outro conjunto de corpos-de-prova moldados e mantidos em estufa nas mesmas condições que a anterior, serão levados ao condicionamento constituído por imersão dos corpos-de-prova por 24 horas em água a 60°C. Após retirada do banho e retirada da umidade em excesso da superfície dos corpos-de-prova, o conjunto formado por pelo menos 3 corpos-de-prova deverá ser levado ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral a 25°C. O valor de resistência à tração obtido é chamado de resistência à tração indireta saturada. A média de resistências de três corpos-de-prova é denominada resistência média à tração indireta saturada.

- g) a mistura deve apresentar relação de resistências - definida como a relação entre a resistência média à tração indireta saturada e a resistência média à tração indireta seca – de no mínimo 70%;

Para definição do projeto de mistura e porcentagem dos agregados adicionais é necessário que seja feita uma dosagem criteriosa da granulometria dos materiais e do



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

teor de betume. É fundamental que a coleta de amostras seja executada de forma a cobrir as possíveis variações dos materiais fresados disponíveis.

A dosagem da mistura reciclada - a ser fornecida pelo contratado - deve indicar as seguintes características:

- Composição granulométrica de projeto e faixa de trabalho;
- Cimento asfáltico de petróleo a ser utilizado;
- Teor do cimento asfáltico de petróleo a ser adicionado na mistura para formação da espuma, bem como a porcentagem de água necessária;
- Temperatura de aquecimento do cimento asfáltico de petróleo;
- Umidade ótima da mistura reciclada;
- Massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada;
- Energia de compactação especificada (no mínimo Proctor Intermediário);
- Taxa de expansão e meia-vida;
- Resistência média à tração indireta, para as condições seca e saturada;
- Relação de resistências.

5. 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.

5.1 Usina de Reciclagem

A usina utilizada deverá apresentar condições de produzir o material descrito nesta norma com capacidade mínima de 200 ton/hora, sendo constituída por dois silos (um para RAP e outro para material de correção granulométrica), dosador para filer, com pesagem dinâmica via células de carga, barra espargidora para produção de asfalto espumado com aquecimento elétrico integrado na linha de CAP e barra para injeção de água, ambas com controle computadorizado, misturador tipo "pug-mill" e correia de carregamento do material reciclado.

Especial atenção deverá ser conferida à segurança dos operadores da usina, particularmente em relação 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.



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

5.2 Caminhões para o transporte da mistura

O transporte da mistura deverá ser efetuado através de caminhões basculantes com caçambas metálicas limpas e lubrificadas com óleo mineral ou similar caso seja necessário, providas de lona para proteção da mistura reciclada.

5.3 Equipamentos para distribuição

- a) A distribuição da mistura reciclada será normalmente efetuada através de vibro-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:
 - sistema composto por parafuso de rosca-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;
 - sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para a frente e para trás;
 - alisadores e vibradores, de modo que não ocorra irregularidade na distribuição da massa;
 - dispositivo eletrônico de nivelamento;
 - sistema de vibração que permita pré-compactação na mistura espalhada.
- d) Excepcionalmente, a critério da fiscalização, poderá ser autorizada distribuição através de motoniveladora.

5.4 Equipamentos para compressão

- a) A compressão da mistura reciclada será efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso, 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/pol² (250 kPa à 850 kPa). É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida;



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

- c) A compressão através do emprego de rolo vibratório de rodas lisas, quando admitida pela fiscalização, deverá ser testada experimentalmente na obra, de forma a permitir a definição dos parâmetros mais apropriados à sua aplicação (número de coberturas, frequência e amplitude de vibrações), bem como estiver comprovado que sua utilização não incorra em prejuízo às edificações lindeiras.
- d) Em qualquer caso, os equipamentos utilizados deverão ser eficientes no que se refere à obtenção do grau de compactação preconizado para a camada..

5.5 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;
- c) Pá carregadeira, grade de disco ou “Pug Mill”
- d) Caminhões-tanque para abastecimento de água.

6. EXECUÇÃO

Não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva;

6.1 Preparo da superfície

- a) A superfície que irá receber a camada de mistura reciclada deverá se apresentar limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais, devendo ter recebido a prévia aprovação por parte da fiscalização;
- b) A camada sobre a qual a Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto será executada deverá ter sido previamente recebida de acordo com a respectiva Instrução de Execução;
- c) Caso a camada de mistura reciclada não seja executada imediatamente após a execução da camada de apoio subjacente e de modo especial quando a mesma esteve exposta a chuvas, devem ser realizadas na camada de apoio, que pode ser constituída pelo subleito, Macadame Hidráulico, Brita Graduada, Agregado Reciclado ou solo estabilizado, as determinações pertinentes para liberação, a critério da fiscalização;



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

d) Eventuais defeitos existentes na superfície deverão ser adequadamente reparados previamente à execução da Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto.

6.2 Mistura do material em Usina

A mistura e incorporação dos materiais devem ser feitas nas seguintes condições:

- a) abastecimento com auxílio de pá carregadeira de um dos dois silos com material resultante da fresagem de pavimentos (RAP);
- b) abastecimento com auxílio de pá carregadeira do segundo silo com material pétreo virgem com a finalidade de correção da granulometria final do material usinado;
- c) introdução de filer na mistura através de sistema de injeção da própria usina;
- d) introdução de água e Espuma de Asfalto.

6.3 Espuma de Asfalto

Devem ser atendidas as recomendações do projeto de mistura no que se refere à qualidade da espuma, medidas pela taxa de expansão e meia-vida, em conformidade com o item 4.

6.4 Espalhamento do Material na Pista

O material usinado deve ser transportado para o local de espalhamento através de caminhões basculantes e despejado na mesa do equipamento, no caso do espalhamento com auxílio de vibroacabadora, atendendo às cotas e espessuras especificadas em projeto; no caso de opção de espalhamento com auxílio de motoniveladora, o material será despejado diretamente na pista.

Em função da espessura projetada de material usinado o espalhamento deve ser executado em uma ou mais camadas para que seja possível realizar e atingir a compactação requerida.

6.5 Compactação

Considerando a importância das condições de compactação da camada de base de material fresado com espuma de asfalto, recomenda-se a execução de panos experimentais, com a finalidade de definir os tipos de equipamentos de compressão e a seqüência executiva mais apropriada objetivando alcançar, de forma mais eficaz, o grau de compactação especificado.

A energia de compactação a ser adotada como referência para execução da camada de Base de material fresado com espuma de asfalto será, no mínimo, a da energia correspondente ao Proctor Intermediário (PMSP/SIURB ME-08/92).

Deverão ser executados os seguintes procedimentos:



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

- a) Os equipamentos de compactação devem ter dimensões, forma e peso adequados, de modo a se obter a massa específica aparente máxima prevista para a mistura. O andamento das operações deve ser estabelecido, de modo que a faixa em execução seja uniformemente compactada em toda a largura;
- b) A compactação deve ser iniciada e concluída preferencialmente com um emprego de rolos lisos;
- c) As coberturas dos equipamentos de compressão utilizados deverão seguir as seguintes orientações gerais:
 - I. 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;
 - II. Em cada passada, o equipamento deverá recobrir, ao menos, a metade da largura rolada na passada anterior.
- d) A compactação deve ser feita, de preferência, com o emprego de rolos pneumáticos que assegurem a obtenção da massa específica aparente indicada no projeto da mistura reciclada, em toda a espessura da camada compactada;
- e) A operação de compactação deve ser conduzida de modo que a espessura a ser compactada na fase final, pelos rolos pneumáticos ou lisos não seja inferior a 10,0 cm, após compactação, sendo a espessura máxima admitida de 15,0 cm por camada compactada;
- f) Durante as operações finais de compactação, devem ser tomadas as medidas necessárias para que a camada superficial seja mantida na umidade ótima, recorrendo-se, caso necessário, a pequenas adições de água e procedendo-se à nova homogeneização com equipamento adequado;
- g) Antes da fase final de compactação, caracterizada pela existência de certa quantidade de material solto superficial, deve ser feita a conformação do trecho ao greide e ao abaulamento desejados, com o emprego de equipamento adequado;
- h) A compactação da camada deverá evoluir até que se obtenha o grau de compactação médio de no mínimo mínimo de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima da energia especificada. Não será aceito nenhum ponto com grau de compactação inferior a 95%. O número de passadas do compactador será definido em função dos panos experimentais executados.



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

- i) Após a conclusão da compactação, é feito o acerto final da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora. Não é permitida a correção de depressões pela adição de material. A superfície da base é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas;
- j) A camada de base de material fresado com espuma de asfalto, executada de acordo com esta especificação, deverá ser submetida a um período de perda do excesso de umidade por 72 horas, antes da execução do revestimento asfáltico;
- k) A camada de base de material fresado com espuma de asfalto não deverá ser submetida à ação do tráfego. Em caráter excepcional, a fiscalização poderá autorizar a liberação ao tráfego, por curto espaço de tempo, e desde que tal fato não prejudique a qualidade do serviço;
- l) Quando for prevista a imprimação da camada de Base de Material Fresado com Espuma de Asfalto, a mesma deverá ser realizada após a conclusão da compactação, tão logo se constate a evaporação do excesso de umidade. Antes da aplicação da pintura betuminosa, a superfície deverá ser perfeitamente limpa, mediante o emprego de processos e equipamentos adequados.

7. 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 e a execução da camada.

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

As usinas utilizadas produção da mistura reciclada deverão estar devidamente licenciadas pelo órgão ambiental competente.

8. CONTROLES

8.1 Controle Tecnológico dos Materiais

8.1.1 Cimento Asfáltico

Para todo carregamento que chegar à usina devem ser realizados:

- a) um ensaio de penetração a 25 °C, conforme PMSP/SIURB ME-25/92;
- b) um ensaio de viscosidade de Saybolt-Furol, conforme PMSP/SIURB ME-31/92.



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

Para todo carregamento de cimento asfáltico que chegar à usina deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada, para possíveis ensaios posteriores.

8.1.2 Agregados Adicionais

- a) um ensaio de abrasão Los Angeles (PMSP/SIURB ME-23/1992) no início da utilização do agregado na usina e sempre que houver variação da natureza do material;
- b) Um ensaio de índice de forma e porcentagem das partículas lamelares, conforme DNER-ME 086/94 e NBR 6954, respectivamente, no início da utilização do agregado na usina e sempre que houver variação da natureza do material;
- c) um ensaio de durabilidade conforme DNER-ME 089/94 no início da utilização do agregado na usina e sempre que houver variação da natureza do material.

8.2 Controle Tecnológico da Mistura Reciclada

O controle das características da mistura reciclada e de execução deve ser feito através das seguintes determinações:

- a) Moldagem de seis corpos de prova Marshall, com 50 golpes por face para determinação da resistência à tração indireta por compressão diametral para condições seca e saturada, a 25°C, determinada conforme DNER-ME 138/94, após período de 72 horas em estufa a 60 °C, uma determinação por jornada de 8 horas de trabalho;
- b) Determinação do teor de cimento asfáltico incorporado à mistura, obtido através da diferença entre o teor obtido no ensaio de extração da mistura reciclada e o teor existente no material fresado utilizado, sendo este teor obtido na fase de dosagem, conforme DNER-ME 053/94 ou extração por refluxo Soxhlet de 1.000 ml, uma determinação a cada 150m;
- c) Determinação do teor de umidade na pista pelo método expedito da frigideira ou outro método aceito pela fiscalização a cada 700m² de pista, alternando bordo direito, eixo, bordo esquerdo;
- d) Determinação da massa específica aparente seca “*in situ*” imediatamente após a compactação da camada conforme PMSP/SP ME-12/92 e o respectivo do grau de compactação, a cada 1000 m² de pista, a partir dos resultados da dosagem - item 4 - sendo no mínimo três determinações;
- e) Extração de corpos de prova com sonda rotativa de 6” de diâmetro, para análise visual da integridade e homogeneidade da camada, uma extração a cada 500 m de pista;



8.3 Controle Geométrico e de Acabamento

- a) controle de espessura: logo após a execução da camada, serão feitas locação e nivelamento do eixo e dos bordos, a cada 20m, envolvendo, no mínimo, cinco pontos da seção transversal;
- b) controle de acabamento da superfície: as condições de acabamento da superfície serão apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais. Especial atenção deverá ser conferida à verificação da presença de segregação superficial.

9. CONDIÇÕES DE RECEBIMENTO

9.1 Recebimento com base no Controle Tecnológico dos Materiais e da Mistura

- a) Os agregados pétreos adicionais serão aceitos, sob o ponto de vista tecnológico, desde que os valores individuais dos ensaios de abrasão Los Angeles, durabilidade, lamelaridade, índice de forma e equivalente de areia e atendam aos limites definidos nesta especificação, conforme item 3.4.
- b) A mistura reciclada será recebida com base na resistência à tração média por compressão diametral seca e saturada desde que os valores atendam no mínimo 95% do especificado no item 4.f; os corpos de prova deste controle serão aqueles obtidos conforme item 8.2 a).

9.2 Recebimento com base no Controle de Compactação

- a) O teor de umidade da camada executada deverá estar compreendido entre 0,9 e 1,1 vezes a umidade ótima determinada do ensaio de compactação;
- b) No que diz respeito ao Grau de Compactação (calculado com base na massa específica aparente seca "in situ", e referida à massa específica aparente seca máxima obtida no processo de dosagem, conforme item 4.), a camada só será aceita:

- se não for obtido nenhum valor isolado menor que 95%; e
- se for satisfeita a seguinte condição:

\bar{X} - K.S \geq 100% , onde:

\bar{X} - média aritmética dos Graus de Compactação obtidos

S - desvio padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

K - coeficiente indicado na Tabela “Valor do Coeficiente K para Controle Estatístico do Grau de Compactação”

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		

9.3 Recebimento com base no Controle Geométrico e de Acabamento

O serviço executado será aceito, com base no controle geométrico e de acabamento, quanto à espessura acabamento da camada acabada, desde que atendidas as seguintes condições:

a) Quanto à espessura da camada

A espessura média da camada será determinada pela expressão:

$e = \bar{X} - (K.S)/N$, onde:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

\bar{X} - média dos valores medidos

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

S - desvio padrão do mesmo conjunto de valores

K - coeficiente indicado na Tabela “Valor do Coeficiente K para Controle Estatístico da Espessura da Camada”

N - número de valores medidos (N>3)

- a espessura média, calculada estatisticamente segundo a expressão acima referida, não deverá ser menor do que a espessura de projeto menos 1,0 cm;
- não serão tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo (+)1,0cm e (-)1,0 cm em relação à espessura de projeto;



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

- em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma Camada de Base Reciclada com espessura média inferior à de projeto, a diferença será compensada estruturalmente na camada a ser superposta;
 - em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, da camada de Base Reciclada com espessura superior à de projeto, a diferença não será deduzida da espessura da camada superior;
- b) as condições de acabamento, apreciadas pela Fiscalização em Bases visuais, sejam julgadas satisfatórias.

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		

10. OBSERVAÇÕES DE ORDEM GERAL

- a) A camada de base de material fresado com espuma de asfalto, executada e recebida na forma descrita não deverá ser submetida à ação direta do tráfego. Em caráter excepcional, a Fiscalização poderá autorizar a liberação ao tráfego, por curto espaço de tempo e desde que não prejudique a qualidade do serviço;
- b) Quando for prevista a imprimação da camada de Base de material fresado com espuma de asfalto, a mesma deverá ser realizada após a conclusão da compactação, tão logo se constate a evaporação do excesso de umidade superficial. Antes da aplicação da imprimação, a superfície deverá ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados.



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

11. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

11.1 Medição

A camada de base e material fresado com espuma de asfalto, executada e recebida na forma descrita, será medida em metros cúbicos de base reciclada compactada na pista, segundo a seção transversal de projeto. No cálculo dos volumes, obedecida a tolerância especificada, será considerada a espessura média “e”, calculada como indicado anteriormente desde que “e” não seja superior à espessura média de projeto. Caso “e” seja maior que a espessura de projeto será considerada a de projeto para cálculo do volume.

11.2 Pagamento

O pagamento será feito após a aceitação da medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representará a compensação integral para todas as operações, materiais, transporte, perdas, mão-de-obra, equipamentos, encargos e outros gastos eventuais necessários à execução da camada de base de material fresado com espuma de asfalto.



PMSP ETS-02/2009
BASE DE MATERIAL FRESADO COM ESPUMA DE ASFALTO

ANEXO A

Características	Unidade	Limites		Métodos	
		CAP 50-70	CAP 85-100	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25°C)	0,1mm	50 a 70	85 a 100	NBR 6576	D 5
Ponto de amolecimento, mín.	°C	46	43	NBR 6560	D 36
Viscosidade Saybolt – Furol					
a 135°C, mín.	s	141	110	NBR 4950	E 102
a 150°C, mín.		50	43		
a 177°C		30 a 150	15 a 60		
Viscosidade Brookfield					
a 135°C, mín. SP21, 20rpm, mín.	cP	274	214	NBR 5184	D 4402
a 150°C, mín.		112	97		
a 177°C, SP 21		57 a 285	28 a 114		
Índice de Suscetibilidade Térmica		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	-	-
Ponto de fulgor, mín.	°C	235	235	NBR 11341	D 92
Solubilidade em tricloroetileno, mín.	% massa	99,5	99,5	NBR 14855	D 2042
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	60	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar a 163°C por 85 minutos					
Varição em massa, máx.	% massa	0,5	0,5		D 2872
Dutilidade a 25°C, mín.	cm	20	50	NBR 6293	D 113
Aumento do ponto de amolecimento, máx.	°C	8	8	NBR 6560	D 36
Penetração retida, mín. (*)	%	55	55	NBR 6576	D 5

(*)Relação entre a penetração após o efeito do calor e do ar em estufa RTFOT e a penetração original, antes do ensaio do efeito do calor e do ar.