

PI: 8134/2025 PE 049/2025

ANEXO VII – ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS PARA REFERÊNCIA

Para a prestação dos serviços de reparo profundo, a empresa vencedora deverá observar rigorosamente as Normas Técnicas e Legislação Federal, Estadual e Municipal em vigência, bem como as elencadas abaixo, entre outras vigentes:

IMPRIMIMAÇÕES BETUMINOSAS:

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/
especificacoes_de_servico/esp_09.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/especificacoes_de_servico/esp_09.pdf)

BASE BETUMINOSA DE MATERIAIS PROVENIENTES DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) E/OU DA FRESAGEM DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS (RAP):

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/SMSO%202018/
NORMAS%20TECNICAS%20DE%20PAVIMENTACAO/
ESPECIFICACOES%20TECNICAS%20%20DE%20SERVICO/
ets_02_2009_base_de_material_fresado_com_espuma_de_asfalto.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/SMSO%202018/NORMAS%20TECNICAS%20DE%20PAVIMENTACAO/ESPECIFICACOES%20TECNICAS%20%20DE%20SERVICO/ets_02_2009_base_de_material_fresado_com_espuma_de_asfalto.pdf)

ABERTURA E PREPARO DE CAIXA:

[https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/SMSO%202018/
NORMAS%20TECNICAS%20DE%20PAVIMENTACAO/INSTRUcoes%20DE%20EXECUCAO/
ie_01_2004_preparo_do_subleito_do_pavimento.pdf](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/infraestrutura/arquivos/SMSO%202018/NORMAS%20TECNICAS%20DE%20PAVIMENTACAO/INSTRUcoes%20DE%20EXECUCAO/ie_01_2004_preparo_do_subleito_do_pavimento.pdf)



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°C, 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°C.

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°C.

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° 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° 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° 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.



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 (Nº 40)	100
0,175 mm(Nº 80)	95-100
0,075 mm(Nº 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 1/2"	37,5	86-100	83-100	+/- 8
1"	25,0	72-100	76-100	+/- 8
3/4"	19,0	64-100	70-94	+/- 8
1/2"	12,7	53-84	62-86	+/- 8
3/8"	9,5	46-76	58-80	+/- 8
Nº 4	4,8	34-62	42-68	+/- 8
Nº 10	2,0	23-50	32-54	+/- 5
Nº 40	0,42	11-32	16-35	+/- 5
Nº 80	0,42	8-25	10-26	+/- 5
Nº 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.



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 filler 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.



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.



ANEXO A

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

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
Dutidade a 25°C, mín.	cm	60	100	NBR 6293	D 113
Efeito do calor e do ar a 163°C por 85 minutos					
Variação em massa, máx.	% massa	0,5	0,5		D 2872
Dutidade 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.



ESP- 09/92 IMPRIMAÇÕES BETUMINOSAS

INTRODUÇÃO

Especificações de serviços definem os critérios da utilização de imprimações betuminosas em camadas de pavimento, de obras sob a fiscalização da Prefeitura do Município de São Paulo.

1. DESCRIÇÃO

1.1. Os serviços aos quais se refere a presente consistem no fornecimento, carga, transporte e descarga do material betuminoso, eventualmente de melhorador de adesividade, de mão-de-obra e equipamentos necessários à execução e controle de qualidade de imprimações betuminosas de diversos tipos, de conformidade com a norma apresentada a seguir e detalhes executivos contidos no projeto ou em instruções da Fiscalização.

1.2. Tipos de Imprimações

- a.** Impermeabilizante - consiste na aplicação de uma camada de material betuminoso sobre a superfície de uma camada de pavimento concluída, objetivando: aumentar a coesão da superfície, pela penetração do material betuminoso; impermeabilizar a camada e, promover condições de aderência entre a base e a camada asfáltica a ser sobreposta.

Deve ser executada com materiais que possuam baixa viscosidade, na temperatura de aplicação, e cura suficientemente demorada;

- b.** Ligante – consiste na aplicação de uma camada de material betuminoso sobre a superfície de uma camada de pavimento, antes da execução de um revestimento betuminoso, objetivando: promover a aderência entre este revestimento e a camada imprimada.

Deve ser executada com materiais que possuam alta viscosidade, na temperatura de aplicação e cura ou ruptura rápida.

2. MATERIAIS

Todas as especificações de materiais e normas de ensaio, exceto as explicitadas nesta especificação devem satisfazer as preconizadas pela Prefeitura do Município de São Paulo.



ESP- 09/92 IMPRIMAÇÕES BETUMINOSAS

2.1. Materiais para Imprimação Impermeabilizante

Poderão ser empregados:

Asfaltos diluídos de cura média, dos tipos CM – 30 e CM – 70, satisfazendo as exigências contidas na PMSP/SP EM-06/92.

A temperatura de aplicação deverá ser escolhida de modo a ser obtida viscosidade Saybolt – Furol entre 20 e 60 segundos.

2.2. Materiais para Imprimação Ligante

Poderão ser empregados:

- a. Emulsões betuminosas catiônicas, tipo RR – 1C, RR – 2C, RM – 1C e RM – 2C satisfazendo as exigências contidas na PMSP/SP EM-07/92;
- b. Outros materiais, desde que autorizados pela fiscalização.

A temperatura de aplicação deverá ser escolhida de modo a ser obtida viscosidade Saybolt – Furol entre 25 e 100 segundos.

2.3. Taxa de Aplicação

Para fins de aplicação admitir-se-á o consumo de materiais indicados no quadro a seguir:

TIPO DE IMPRIMAÇÃO	QUANTIDADE (1/m ²)
Impermeabilizante	0,8 a 1,2
Ligante	0,4 a 0,6

3. EQUIPAMENTO

O equipamento deverá ser capaz de executar os serviços especificados nesta norma dentro dos prazos fixados no cronograma contratual, e deverá compreender:

- a. Recipientes para armazenamento de material betuminoso: no caso de asfaltos diluídos os recipientes devem ser equipados com dispositivos para aquecimento e instalados de modo a evitar a entrada de água;



ESP- 09/92

IMPRIMAÇÕES BETUMINOSAS

- b. Equipamento de limpeza consistindo em vassouras manuais e mecânicas e equipamentos capazes de produzir jatos de ar e de água;
- c. Distribuidores de material betuminoso, com sistema de aquecimento, bomba de pressão regulável, barra de distribuição com circulação plena e dispositivos para regulação horizontal e vertical, bicos de distribuição calibrados para aspersão em leque, tacômetro, manômetros de fácil leitura, mangueira de operação manual para aspersão em lugares inacessíveis à barra;
- d. Pequenas ferramentas e utensílios tais como, regadores tipo “bico de pato” e comum, bandejas, etc;
- e. Equipamentos de laboratório para o controle tecnológico de recebimento da camada.

Se o equipamento não satisfizer as condições mínimas para sua utilização, será rejeitado pela Fiscalização.

Outros equipamentos, a critério da Fiscalização, poderão ser utilizados, desde que aprovados pela mesma.

4. EXECUÇÃO

4.1. Serviços Preliminares

Os serviços topográficos serão executados pelo empreiteiro e verificados pela Fiscalização.

Antes de iniciar a distribuição do material betuminoso, o empreiteiro deverá providenciar, o que se necessário, para evitar que o material espargido atinja guias, sarjetas, guarda-rodas, calçadas, guarda-corpos, etc.

4.2. Limpeza de Superfícies

A superfície sobre a qual será executada a imprimação deverá ser varrida com vassoura manuais ou mecânicas, de modo a remover materiais estranhos, tais como solos, poeira e materiais orgânicos. Se ainda existir poeira após a varredura, a limpeza deverá prosseguir com jatos de ar ou de água desde que não existam fendas ou depressões capazes de recolher e reter a água



ESP- 09/92

IMPRIMAÇÕES BETUMINOSAS

utilizada. Por esse motivo, a fiscalização deverá ser consultada sobre o procedimento a adotar.

4.3. Condições Atmosféricas

Aplicação do material betuminoso não deverá ser executada, quando as condições atmosféricas reinantes forem desfavoráveis.

4.4. Regulagem da Barra de Distribuição

Antes de iniciar a distribuição do material betuminoso, deverão ser medidas, e comparadas entre si, às vazões dos bicos da barra de distribuição.

Recomenda-se o emprego de caixas metálicas de base retangular e cerca de 15cm de altura. O comprimento das caixas será igual a distancia entre os bicos. A largura será de cerca de 30cm. Serão utilizadas tantas caixas forem os bicos. A barra será fixada na altura provável de operação normal. As caixas serão apoiadas no solo e encostadas umas às outras, de modo que os centros coincidiam com as verticais que passam pelos bicos.

O material betuminoso será espargido sobre as caixas até que na caixa mais cheia, atinja a altura de cerca de 10cm. Medem-se as alturas de materiais betuminosos em todas as caixas. Calcula-se a média aritmética das alturas das medidas. Substituem-se os bicos responsáveis pelo enchimento das caixas nas quais forem medidas alturas que difiram de mais de 10%, para mais ou menos, da altura média calculada. Repete-se o teste com os novos bicos e proceda-se da forma descrita, até que se obtenha um conjunto de bicos que satisfaça a condição de uniformidade de aspersão acima estabelecida. A critério do empreiteiro, as caixas poderão ser subdivididas em compartimentos iguais e estanques, de modo a facilitar a identificação dos bicos responsáveis pelas desuniformidades de distribuição.

4.5. Aquecimento do material betuminoso

A distribuição do material betuminoso não poderá ser iniciada enquanto não for atingida e mantida, no material existente dentro do veículo distribuidor, a temperatura necessária à obtenção da viscosidade adequada à distribuição.



ESP- 09/92

IMPRIMAÇÕES BETUMINOSAS

4.6. Distribuição

O veículo distribuído deverá percorrer a extensão a ser imprimada em velocidade uniforme, segundo trajetória equidistante do eixo da pista. O tacômetro, os manômetros e os termômetros deverão estar em perfeitas condições de funcionamento. Os operadores do veículo e da barra de distribuição deverão estar devidamente treinados.

A distribuição será executada com a mangueira de operação manual, sempre que a superfície a imprimir, em virtude da sua forma (trechos de largura variável) ou de suas dimensões, não permitir a utilização da barra de distribuição. Nas fendas a aplicação será executada com o regador tipo “bico de pato”.

4.7. Proteção dos Serviços

Durante todo o tempo necessário às operações construtivas, à cura ou ruptura do material betuminoso e até o recobrimento da imprimação com outra camada de pavimento, os serviços executados ou em execuções deverão ser protegido contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-lo.

4.8. Abertura ao Trânsito

As imprimações impermeabilizantes e ligantes não deverão ser submetidas à ação direta das cargas e da abrasão do trânsito. No entanto, a fiscalização poderá, a seu critério e excepcionalmente, autorizar o trânsito sobre:

- a. Imprimações impermeabilizantes curadas;
- b. Imprimações ligantes, em locais de cruzamento com outras vias, desde que a imprimação seja coberta por espessa camada de areia, capaz de evitar o afloramento e a conseqüente remoção do material ligante.

5 CONTROLE

5.1. Controle Tecnológico dos Materiais



ESP- 09/92

IMPRIMAÇÕES BETUMINOSAS

Controle da qualidade dos materiais betuminoso consistindo na realização de um conjunto dos ensaios previsto na especificação correspondente, para cada entrega de material;

5.2. Controle de Execução

Controle de quantidade de material aplicado consistindo na determinação e no registro das taxas de aplicação dos materiais betuminoso (l/m^2).

As quantidades de aplicação poderão ser determinadas:

- a. Pesando o veículo distribuidor, antes e depois da aplicação;
- b. Determinando a quantidade de material consumida, por intermédio da diferença de leitura da régua, aferida e graduada em litros, que acompanha o veículo distribuidor;
- c. Pelo método da bandeja que deve ser utilizado somente nos locais em que a distribuição do material se realizou com a barra espargidora.
- d. As operações de controle serão executadas pelo empreiteiro e assistidas pela Fiscalização, sendo repetidas, quando necessário.

5.3. Controle de Recebimento

As imprimações dos diversos tipos, executadas de conformidade com as especificações contidas nesta norma e no projeto, serão recebidas no que diz respeito a distribuição e ao alinhamento, se:

- a. Não existirem falhas nem diferenças de taxas de aplicações, relativamente às especificadas maiores que $0,1 \text{ l/m}^2$;
- b. Não forem encontradas semi-larguras menores que as de projeto.

Nota: no caso de obra de caráter emergencial e desde que justificado por escrito pelo Engº Fiscal e com a devida aprovação Superior, o Fiscal poderá receber os serviços mesmo que não atendam integralmente os requisitos exigidos para recebimento.

6. CRITÉRIO DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

6.1. Medição



ESP- 09/92

IMPRIMAÇÕES BETUMINOSAS

Os serviços recebidos serão medidos em metros quadrados de imprimação de cada um dos tipos previstos.

As áreas de imprimação serão calculadas com base no estaqueamento e nas larguras indicadas no projeto, obtidas por levantamento topográfico ou triangulação.

6.2. Pagamento

O pagamento será feito, após a aceitação e medição dos serviços executados, com base nos preços unitários contratuais, os quais representarão a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamento, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.



IE – 01/2004

PREPARO DO SUBLEITO DO PAVIMENTO

1. OBJETIVO

O objetivo deste documento é a definição dos critérios de execução do preparo do subleito do pavimento em obras da Prefeitura do Município de São Paulo.

2. DESCRIÇÃO

Esta Instrução compreende as operações necessárias para execução do preparo e regularização do subleito do pavimento, com terraplenagem já concluída. Visa a obtenção da superfície final do subleito, obedecendo as condições geométricas caracterizadas pelo alinhamento, perfis e seções transversais do projeto, envolvendo a escarificação na profundidade de 15 cm, homogeneização, compactação e regularização da superfície.

O preparo do subleito aqui considerado refere-se aos trabalhos executados em vias em solo, limitados lateralmente pelo lado externo das escoras (bolas) das guias. No caso de trechos em terrenos mais resistentes (saprólitos e rochas), deverão ser incorporadas no projeto as adequações necessárias.

3. MATERIAIS

Os materiais empregados no preparo do subleito serão os do próprio subleito, atendendo as condições mínimas de projeto. Os cortes e aterros além de 15cm máximos previstos serão executados de acordo com as especificações de terraplenagem. Em pontos localizados onde ocorrer a presença de solo inservível (orgânico ou turfoso), este será substituído por material adequado em conformidade com o projeto.

4. EQUIPAMENTOS

São indicados os seguintes tipos de equipamentos:

- a) Motoniveladora com escarificador
- b) Carro tanque distribuidor de água
- c) Rolos compactadores (tipo pé de carneiro, liso vibratório ou pneumático)
- d) Grade de discos
- e) Pulvimisturadora
- f) Outros equipamentos, a critério das fiscalização, poderão ser utilizados.



IE – 01/2004 PREPARO DO SUBLEITO DO PAVIMENTO

Os equipamentos de compactação e misturas serão escolhidos de acordo com o tipo de material do subleito e das condições locais.

5. EXECUÇÃO

Os serviços de preparo do subleito deverão atender os seguintes procedimentos:

- a) A camada superficial do subleito deverá ser escarificada e destorroada numa profundidade de 15 cm até que o solo apresente pelo menos 60% do total em peso, excluído o material graúdo, passando pela peneira de 4,8 mm (nº 4).
- b) Caso o teor de umidade do material destorroado seja superior em 2% ao teor de umidade ótimo, determinado pelo ensaio de compactação executado de acordo com Método Ensaio - ME-7/92, deverá ser feita a aeração do mesmo com equipamento adequado até reduzi-lo àquele limite. Se o teor de umidade do solo destorroado for inferior em mais de 2% ao teor ótimo de umidade acima referido, será procedida a irrigação até alcançar aquele valor. Após a irrigação deverá ser executada a homogeneização do material com grade de disco, a fim de garantir uniformidade de umidade.
- c) O material aerado ou umedecido e homogeneizado em toda a largura da abertura da via deverá, após a compactação, ter uma espessura da ordem de 15 cm.
- d) A compactação deverá progredir das bordas para o centro nos trechos retos e da borda mais baixa para a mais alta nas curvas, paralelamente ao eixo a ser pavimentado, até ser atingido o grau de compactação especificado no projeto.
- e) Recomenda-se o uso de compactadores tipo pé-de-carneiro, estático ou vibratório, quando o solo tiver características argilosas. No caso de solos siltosos e arenosos recomenda-se o uso de rolo pneumático e/ou vibratório.
- f) Concluída a compactação do subleito, a superfície deverá ser conformada com motoniveladora, sempre em corte, de modo que assuma a forma determinada pela seção transversal e demais elementos do projeto. Não serão permitidas correções do greide por adição de material após a compactação, para evitar a formação de lamelas.
- g) O acabamento da superfície deverá ser obtido através de equipamentos tipo rolo pneumático de pressão variável e/ou rolo liso, até que se apresente liso (sem



IE – 01/2004 PREPARO DO SUBLEITO DO PAVIMENTO

sulcos) e isento de partes soltas, admitindo-se cortes, quando necessários, mas não se admitindo aterros.

6. CONTROLE DE EXECUÇÃO

Abrange o controle tecnológico da camada superficial, incluindo ensaios e medidas para verificar as condições de execução da camada. Ressalta-se que as camadas mais profundas deverão ser verificadas segundo as respectivas especificações (terraplenagem).

6.1 CONTROLE GEOTÉCNICO

- a) Três ensaios de compactação para cada tipo de solo a ser utilizado, pelo Método de Ensaio ME-7/92, com energia normal, para determinação dos seguintes parâmetros:
 - massa específica aparente seca máxima ($\gamma_s \text{ máx}$)
 - umidade ótima (h_{OT}).
- b) Determinação do teor de umidade pelo Método de Ensaio - ME-10 da SIURB/PMSP através do aparelho de Speedy ou similar, em cada camada, à razão de uma determinação para cada 400m² de pista, ou no mínimo 3 determinações, em cada trecho, com amostras representativas de toda a espessura da camada e colhidas após o umedecimento e homogeneização, para decidir se é possível iniciar a compactação. Alternativamente, com a devida anuência da fiscalização, também poderá ser utilizado método expedito com frigideira ou álcool.
- c) Determinação da massa específica aparente seca, obtida "in situ", pelo processo do frasco de areia, segundo o Método de Ensaio ME-12/92, com amostras retiradas na profundidade de, no mínimo, 75% da espessura da camada, à razão de, no mínimo, uma determinação para cada 400m² de camada compactada ou no mínimo 3 determinações para cada trecho.



IE – 01/2004
PREPARO DO SUBLEITO DO PAVIMENTO

6.2 CONTROLE GEOMÉTRICO

O controle geométrico deverá verificar as cotas do eixo longitudinal e das bordas das seções transversais de projeto do subleito, com medidas a cada 20m.

7. CONTROLE DE RECEBIMENTO

O preparo do subleito, executado de conformidade com esta especificação, será recebido quando atender aos requisitos a seguir:

7.1 RECEBIMENTO COM BASE NO CONTROLE TECNOLÓGICO DA CAMADA

- a) O teor de umidade da camada executada deverá ser igual ao teor de umidade ótimo (h_{OT}) de compactação, obtido na energia de projeto, com variação de até 2% dependendo do tipo de solo.
- b) O grau de compactação calculado a partir dos resultados obtidos nos ensaios referidos no item 6.1 alíneas a e c, deverá atender aos seguintes requisitos:

- Não for obtido nenhum valor menor que 100% ou;
- Atender estatisticamente a seguinte condição:

$$\overline{GC} - K \cdot S \geq 100\% \quad \text{onde:}$$

$$\overline{GC} = \frac{\sum GC}{n} \quad \text{e} \quad S = \sqrt{\frac{\sum (GC_i - \overline{GC})^2}{n^2}}$$

$\overline{GC}$ = média aritmética dos graus de compactação obtidos;

S = desvio padrão;

K = coeficiente indicado no Quadro 7.1 em função do número N de elementos da amostra, com um mínimo igual a três;

n = número de elementos da amostra;

GCi = valores individuais da amostra.

Valores individuais inferiores a 95% do GC não poderão ser aceitos. Os trechos do subleito que não se apresentarem devidamente compactados, deverão ser escarificados e os materiais destorroados e recompactados.



IE – 01/2004
PREPARO DO SUBLEITO DO PAVIMENTO

Quadro 7.1

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	> 100	0,52
8	0,80	20	0,69	-	-
9	0,789	25	0,67	—	-

7.2 RECEBIMENTO COM BASE NO CONTROLE GEOMÉTRICO

- a) As cotas de projeto do eixo longitudinal do subleito não deverão apresentar variações superiores a 1,5 cm
- b) As cotas de projeto das bordas das seções transversais do subleito não deverão apresentar variações superiores a 1,0 cm.

8. OBSERVAÇÕES DE ORDEM GERAL

- a) Durante todo o tempo que durar a execução da obra, os materiais e os serviços serão protegidos contra ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da Executora a responsabilidade desta conservação.
- b) A superfície acabada do subleito não deve ser submetida à ação direta das cargas e da abrasão do trânsito. No entanto, a Fiscalização poderá autorizá-la quando a seu critério, não venham a prejudicar a qualidade da camada do pavimento que será construído sobre esta superfície.

9. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços de melhoria do subleito e preparo de caixa, recebidos de conformidade com esta norma, serão medidos em metros quadrados, com base nas medidas contidas no projeto e confirmadas pela fiscalização.