



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

INTRODUÇÃO

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de bases ou Sub-bases de Brita Graduada de obras sob a fiscalização da Prefeitura do Município de São Paulo.

1. DESCRIÇÃO

1.1. Os serviços consistem no fornecimento, carga, transporte, descarga e usinagem dos materiais britados, necessária à obtenção da brita graduada, assim como a mão-de-obra e equipamentos necessários à execução e ao controle de qualidade da camada de brita graduada de conformidade com a norma apresentada a seguir e detalhes executivos contidos no projeto.

1.2. Sub-base e Base de Brita Graduada é a camada constituída de uma mistura, composta em usina, de produtos de britagem, apresentando granulometria contínua, cuja estabilização é obtida pela ação mecânica do equipamento de compactação.

2. MATERIAIS

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

A camada de base ou sub-base de brita graduada será executada com materiais que atendam aos seguintes requisitos:

- a.** Os agregados utilizados, obtidos a partir da britagem e classificação de rochas sãs, deverão ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;
- b.** Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos, pelo método DNER-ME 89-64, os agregados utilizados deverão apresentar perdas inferiores aos seguintes limites:
 - agregados graúdos: fração retida na # 4,8mm: 15%.



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- agregados miúdos: fração que passa na # 4,8mm: 18%
- c. Para o agregado retido na peneira de 2,00mm (nº 10) a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão “Los Angeles” (PMSP/SP ME-23/92) não deverá ser superior a 40%;
- d. A composição granulométrica da brita graduada poderá estar enquadrada em uma das seguintes faixas:

PENEIRAS DE MALHAS QUADRADAS PMSP/SP EM- 04/92	PERCENTAGEM, EM PESO, QUE PASSA.		
	I	II	III
50mm (2 “)	100		
38mm (1 1/2 “)	90 – 100	100	
25,4mm (1 “)	---	---	100
19mm (3/4 “)	50 – 85	60 – 95	90 – 100
9,5mm (3/8 “)	35 – 65	40 – 75	80 – 100
4,8mm nº 4	25 – 45	25 – 60	35 – 55
2,0 mm nº 10	18 – 35	15 – 45	---
0,420mm nº 40	8 – 22	8 – 25	8 – 25
0,075mm nº 200	3 – 9	2 – 10	2 – 9

- A percentagem de material que passa na peneira 0,075mm (nº 200) não deverá ultrapassar a 2/3 da percentagem que passa na peneira # 0,42 mm (nº 40);
- e. Para camadas de base, a percentagem que passa na peneira # 0,42mm (nº 40) não deverá ser inferior a 12%;
 - f. A diferença entre as percentagens que passam nas peneiras # 4,8mm (nº 4) e 0,42mm (nº 40) deverá estar compreendida entre 20 e 30%;
 - g. A fração que passa na peneira 4,8mm (nº 4) deverá apresentar o equivalente de areia, determinado pelo método DNER-ME 54-63, superior a 40%;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- h.** O Índice de Suporte Califórnia, obtido através do ensaio PMSP/SP ME-09/92, com a energia intermediária, não deverá ser inferior a 80%.
- i.** Para o agregado graúdo, fração retida na peneira 4,8mm (nº 4), a porcentagem de grãos de forma lamelar, obtidas nas amostras de ensaios não poderá ser superior a 20%, e a determinação da forma lamelar dos grãos é feita conforme a fórmula abaixo:

$$l + 1,25g \geq 6e$$

Onde:

l - maior dimensão de grão;

e - afastamento mínimo de dois planos paralelos, entre os quais pode ficar contido o grão;

g - a medida das aberturas de duas peneiras, entre as quais fica retido o grão;

- j.** Impurezas - os agregados devem ser isentos de impurezas, tais como torrões.

3. EQUIPAMENTOS

O conjunto de equipamentos 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 vistoria desses equipamentos por engenheiro mecânico ou técnico responsável.

O conjunto de equipamentos básicos para a execução da camada de brita graduada compreende as seguintes unidades:

- a.** Instalação de britagem, própria ou de terceiros, adequadamente projetada de forma a produzir bitolas que permitam a obtenção da granulometria pretendida para a brita graduada;
- b.** Pá-carregadeira;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- c. Central de mistura dotada de unidade dosadora com, no mínimo três silos, dispositivo de adição de água com controle de vazão e misturador do tipo “pugmill”;
- d. Caminhão basculante;
- e. Caminhão-tanque irrigador;
- f. Motoniveladora pesada;
- g. Distribuidor de agregados autopropulsionado ou rebocável;
- h. Rolo compactador do tipo liso vibratório;
- i. Rolo compactador pneumático de pressão variável;
- j. Compactador portátil, manual ou mecânico;
- k. Ferramentas manuais diversas;
- l. Equipamento de laboratório para o controle tecnológico de recebimento da camada.

Outros equipamentos, desde que aprovados pelo corpo técnico da PMSP e pela fiscalização, poderão ser utilizados.

4. EXECUÇÃO

4.1. Condição Física da Camada de Apoio da Camada Brita Graduada

- a. A camada sobre a qual será executada a Sub-base e Base de Brita Graduada deverá ter sido construída de acordo com as condições fixadas pela especificação de serviço da PMSP;
- b. Caso a execução da camada de Brita Graduada não seja efetuada logo após a construção da camada de apoio (camada subjacente) e, de modo especial, quando esta camada de apoio estiver exposta à chuvas devem ser efetuadas, nesta camada, as seguintes determinações:
 - Teor de umidade, que deverá ser menor do que o teor de umidade ótimo de compactação da camada, mais ($h_{ot} + 3\%$). Se o teor de umidade for superior, a camada deverá secar até que as condições de umidade satisfaçam o limite indicado;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- Grau de compactação, o grau deverá atender as exigências indicadas no controle de recebimento da camada executada.

As áreas nas quais o grau de compactação for inferior ao limite necessário, deverão ser reconstruídas antes da execução da camada de Brita Graduada.

4.2. Considerações Gerais

As seguintes recomendações de ordem geral são aplicáveis a execução da brita graduada:

- a. Não será permitida a execução dos serviços durante dias de chuva;
- b. O confinamento lateral da brita graduada é dado pela sarjeta;
- c. A camada de brita graduada deverá ser drenada através de um lastro sob a sarjeta. Este lastro deverá estar interligado à caixa receptora das “bocas de lobo” ou drenos laterais à via, a fim de permitir o escoamento d'água;
- d. Quando se desejar camadas de sub-base ou base de espessura superior a 17cm, os serviços deverão ser executados em mais de uma camada.

4.3. Preparo da Superfície

- a. A superfície a receber a camada de sub-base ou base de brita graduada deverá estar perfeitamente limpa e desempenada, devendo ter recebido a prévia aprovação por parte da Fiscalização;
- b. Eventuais defeitos existentes deverão ser necessariamente reparados, antes da distribuição da brita graduada.

4.4. Produção da Brita Graduada

- a. A rocha sã extraída da pedreira indicada, será previamente britada e classificada em bitolas, a serem definidas em função da granulometria objetivada para a mistura;
- b. A usina deverá ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- c. As bitolas obtidas, acumuladas nos silos da central de mistura, serão combinadas no misturador, acrescentando-se ainda a água necessária à condução da mistura de agregados à respectiva umidade ótima, mais o acréscimo destinado a fazer frente às perdas verificadas nas operações construtivas subseqüentes. Deverá ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção.

4.5. Transporte da Brita Graduada

- a. A Brita Graduada produzida na central será descarregada diretamente sobre caminhões basculantes e em seguida transportada para a pista;
- b. Não será permitida a estocagem do material usinado;
- c. Não será permitido o transporte da brita graduada para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiver molhado, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação dos equipamentos e a compactação de forma a atingir o grau de compactação preconizado.

4.6. Distribuição da Mistura

- a. A definição da espessura do colchão de material solto que, após compressão, permita a obtenção da espessura de projeto e sua conformação adequada, deverá ser obtida a partir da criteriosa observação de panos experimentais previamente executados;
- b. A distribuição da mistura, sobre a camada subjacente, será realizada com distribuidor de agregados, capaz de distribuir a Brita Graduada em espessura uniforme, sem produzir segregação;
- c. Excepcionalmente, e a exclusivo juízo da Fiscalização, a distribuição da brita graduada poderá ser procedida pela ação de motoniveladora. Neste caso, a brita graduada será descarregada dos basculantes em leira, sobre a camada subjacente liberada pela Fiscalização, devendo ser estabelecidos os critérios de trabalho que assegurem a qualidade do serviço;
- d. Será vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- e. A espessura de cada camada individual acabada deverá se situar no intervalo de 10cm no mínimo, a 17cm no máximo;
- f. A distribuição da mistura deverá ser procedida de forma a evitar conformação adicional da camada. Caso, isto seja necessário, admite-se a conformação pela atuação da motoniveladora, exclusivamente por ação de corte, previamente ao início da compactação.

4.7. Compressão

- a. Tendo em vista a importância das condições de compactação da camada de brita graduada, 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;
- b. A energia de compactação a ser adotada como referência para a execução da camada de Brita Graduada será, no mínimo, a da energia correspondente ao proctor intermediário (PMSP/SP ME-08/92);
- c. O teor de umidade da mistura, por ocasião da compactação da camada de brita graduada, deverá estar compreendido no intervalo de 1, 5% em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação executado com a energia especificada;
- d. A compactação da camada de brita graduada será executada mediante o emprego de rolos vibratórios lisos, e de rolos pneumáticos de pressão variável;
- e. Nos trechos em tangente a compactação deverá evoluir partindo dos bordos para o eixo, e nas curvas partindo do bordo interno para o bordo externo. Em cada passada o equipamento utilizado deverá recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente comprimida;
- f. Durante a compactação, se necessário, poderá ser promovido o umedecimento da superfície da camada, mediante emprego do caminhão-tanque irrigador;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- g.** Eventuais manobras do equipamento de compactação, que impliquem em variações direcionais prejudiciais, deverão ocorrer fora da área de compressão;
- h.** A compactação da camada deverá evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo de 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima da energia especificada. O número de passadas do compactador será definido em função dos panos experimentais executados;
- i.** Em lugares inacessíveis aos equipamentos de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida será feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

5. CONTROLE

5.1. Controle Tecnológico dos Materiais

Serão procedidos os seguintes ensaios:

- a.** Um ensaio de abrasão Los Angeles sempre que houver variação nas características da pedra em exploração, ou cada 7000 m², no mínimo;
- b.** Um ensaio de durabilidade com sulfato de sódio sempre que houver variação nas características da pedra em exploração, ou a cada 7000 m².

5.2. Controle de Execução

5.2.1. Controle Tecnológico da Camada Executada

- a.** Uma determinação do teor de umidade na pista pelo “método expedido da frigideira”, a cada 700 m² de pista, imediatamente antes do início das operações de compactação;
- b.** Uma determinação da massa específica aparente seca “In Situ” (PMSP/SP ME-12/92) imediatamente após a conclusão das operações de compactação, a cada 700 m² de pista, alternando bordo direito, eixo, bordo esquerdo, etc;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- c. Um ensaio de compactação, com a energia especificada utilizando amostras coletadas a cada 150m de pista, e, no mínimo, um ensaio por dia de trabalho;
- d. Um ensaio do índice de Suporte Califórnia por mês, ou sempre que houver variação nas características do agregado utilizado;
- e. Um ensaio de granulometria, por via lavada (PMSP/SP ME-20/92) a cada 1000 m², com amostras coletadas em locais da determinação da massa específica aparente seca "In Situ";
- f. Um ensaio de equivalente de areia (DNER-ME 54-63) a cada 1000 m² de pista;
- g. Um ensaio da porcentagem de grãos de forma defeituosa, segundo o item 2 alínea i, sempre que houver variação nas características do agregado utilizado ou cada 7000 m².

5.2.2. Controle Geométrico e de Acabamento

- a. Controle de Espessura: após a execução da camada, proceder-se-á à locação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, a cada 20 m, pelo menos, 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.

5.3. Controle de Recebimento

5.3.1. Condições de Recebimento com Base no Controle Tecnológico dos Materiais

Os serviços executados serão aceitos, sob o ponto de vista tecnológico, desde que sejam atendidas as seguintes condições:

- a. Os valores individuais dos ensaios de abrasão Los Angeles, durabilidade, lamelaridade, equivalente de areia e índice de Suporte Califórnia, atendam aos limites definidos nesta especificação;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- b.** A composição granulométrica das amostras de brita graduada ensaiadas atenda aos requisitos estabelecidos nas alíneas “e”, “f” e “g” do item 2 desta especificação;
- c.** A composição granulométrica das amostras de brita graduada ensaiadas, além de estarem enquadradas na faixa selecionada, estejam contidas nas “faixas de trabalho” definidas a partir da granulometria de projeto e dos seguintes limites:

TOLERÂNCIA PARA FAIXA DE TRABALHO (% PASSANDO EM PESO)			
PENEIRA		SUB-BASE	BASE
ASTM	mm		
2 “	50,8	± 5	± 5
Nº 4 A 1 1/2 “	4,8 a 38,1	± 10	± 5
Nº 40 a Nº 10	0,42 a 2,0	± 5	± 3
Nº 200	0,074	± 3	± 3

Nota Importante: Não serão aceitas composições granulométricas de amostras de brita graduada ensaiadas que, embora estejam contidas nas “faixas de trabalho”, não atendam aos requisitos estabelecidos nas alíneas “e”, “f” e “g” do item 2 desta especificação.

5.3.2. Condições de Recebimento com Base no Controle de Execução da Camada

- a.** O teor de umidade da camada executada deverá ser igual ou inferior ao teor ótimo (h_{ot}) de compactação, obtido na energia de projeto, mais 2% ($h_{ot} + 2\%$);
- 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 ensaio de compactação realizado:

-Se não for obtido nenhum valor menor que 100%; ou

-se for satisfeita a seguinte condição:

$$\bar{X} - K.S \geq 100\%$$



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

Onde:

\bar{X} - média aritmética dos graus de compactação obtidos;

S - desvio padrão;

K - coeficiente indicado na Tabela valor do coeficiente “K” (quadro abaixo).

5.3.3. Condições de recebimento com Base no Controle Geométrico e de Acabamento

O serviço executado será aceito, à luz do controle geométrico e de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

a. Quanto à espessura da camada acabada:

- A espessura média da camada será determinada pela expressão;

$$e = \bar{X} - K.S$$

Onde:

\bar{X} – Média dos valores medidos

S – Desvio padrão do mesmo conjunto de valores

K – Coeficiente indicado na tabela valor do coeficiente “K” (quadro abaixo)

N – Número de valores medidos ($N > 3$)

- A espessura média, calculada estatisticamente, como acima, não deverá ser menor do que a espessura de projeto menos 1cm;
- Não serão tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo +2 e -1 em relação à espessura de projeto;
- Em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de brita graduada com espessura média inferior à de projeto, a diferença será compensada estruturalmente na camada a ser superposta;



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

- Em caso de aceitação de camada de brita graduada, dentro das tolerâncias estabelecidas, 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, em especial a não ocorrência de segregação superficial.

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

6. OBSERVAÇÕES DE ORDEM GERAL

- a. A camada de sub-base ou base de brita graduada 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 tal fato não prejudique a qualidade do serviço;
- b. Quando for prevista a imprimação impermeabilizante da camada de brita graduada, 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 pintura betuminosa, a superfície deverá ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados.

7. CRITÉRIO DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

7.1. Medição

A camada de Brita Graduada, executada e recebida na forma descrita, será medida em metros cúbicos de sub-base ou base de brita graduada compactada na pista, segundo a seção transversal de projeto.

No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, será considerada a espessura média X , calculada como indicado anteriormente desde que X não seja inferior à espessura de projeto. No caso de X ser maior



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

do que a espessura de projeto será considerada a de projeto para o cálculo do volume.

7.2. 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, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, encargos e outros gastos eventuais necessários à completa execução dos serviços. O serviço de macadame hidráulico inclui a camada de bloqueio e todas as operações e encargos a ela relacionadas.

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		0,52
8	0,80	20	0,69	---	---
9	0,78	25	0,67	---	---

Condição necessária:

$$\bar{X} - K.S \geq L$$

Onde:

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

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

N - número de elementos da amostra

X_i - valores individuais da amostra



ESP-06/92
SUB-BASES E
BASES DE BRITA GRADUADA

L - valor limite especificado na amostra

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		1,28
8	1,41	20	1,33	---	---
9	1,40	25	1,32	---	---

Condição necessária

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

Onde:

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

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

N - número de elementos da amostra

X_i - valores individuais da amostra

e - valor especificado na norma