TÍTULO

# SUB-BASE OU BASE DE SOLO BRITA

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Solo. Brita. Base.

| APROVAÇÃO | PROCESSO |
|---|---|
| | |

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/050**. Solo argiloso -brita. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNER ES-303/97**. Pavimentação-base estabilizada granulometricamente. Rio de Janeiro, 1997.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

| REVISÃO | DATA | DISCRIMINAÇÃO |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ÍNDICE

**1 OBJETIVO ..... 3**
**2 DEFINIÇÃO ..... 3**
**3 MATERIAIS ..... 3**
3.1 Solo ..... 3
3.2 Agregado ..... 4
3.3 Mistura Solo-Brita ..... 4
**4 EQUIPAMENTOS ..... 5**
**5 EXECUÇÃO ..... 6**
5.1 Segmento Experimental ..... 6
5.2 Condições Gerais ..... 7
5.3 Produção da Mistura ..... 7
5.4 Transporte e Distribuição ..... 8
5.5 Compactação ..... 8
5.6 Acabamento ..... 9
5.7 Abertura ao Tráfego ..... 9
**6 CONTROLE ..... 9**
6.1 Controle dos Materiais ..... 9
6.2 Controle da Produção do Solo Brita ..... 9
6.3 Controle da Execução ..... 10
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento ..... 10
6.5 Deflexões ..... 11
**7 ACEITAÇÃO ..... 11**
7.1 Materiais ..... 11
7.2 Produção ..... 11
7.3 Execução ..... 12
7.4 Deflexões ..... 12
**8 CONTROLE AMBIENTAL ..... 12**
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais ..... 13
8.2 Execução ..... 14
**9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO ..... 15**
**10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 15**
**ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE ..... 17**
**ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO ..... 22**

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição de sub-bases e bases de solo brita em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas e Rodagem de São Paulo – DER/SP.

# 2 DEFINIÇÃO

A sub-base e base de solos brita são camadas constituídas de mistura artificial em usina de solo com agregado pétreo britado que apresentam grande estabilidade e durabilidade, para resistir às cargas do tráfego e ação dos agentes climáticos, quando adequadamente compactadas.

Para as misturas processadas na pista deve ser utilizada a ET-DE-P00/14 – Sub-Base e Base Estabilizada Granulometricamente.

# 3 MATERIAIS

## 3.1 Solo

Os solos empregados devem ser os provenientes de ocorrências de materiais das áreas de empréstimo e jazidas, preferencialmente solos de comportamento laterítico e pertencente aos grupos LA, LA' e LG', segundo a classificação MCT (ME-DE-P00-006[(1)]), priorizando os dois primeiros grupos, devendo apresentar as seguintes características:

a) os materiais finos dos solos não lateríticos, segundo a classificação MCT (ME-DE-P00-006[(1)]), isto é, com diâmetro inferior a 0,42 mm devem satisfazer as seguintes condições:

- ter limite de liquidez determinado conforme NBR 6459[(2)]; inferior a 25%;
- ter índice de plasticidade inferior a 6%.

b) são tolerados LL e IP maiores do que os acima especificados, desde que sejam satisfeitas uma das seguintes condições abaixo:

<u>Condição A</u>

- sejam satisfeitas as seguintes inequações:

$$\frac{X}{100} \cdot IP \leq \frac{100}{\gamma s} - (X \cdot \frac{LP}{100} + \frac{100}{\gamma g})$$

$$\frac{X}{100} \cdot LL \leq \frac{100}{\gamma s} - \frac{100}{\gamma g});$$

Onde:

X – Porcentagem em peso de material que passa na peneira de abertura 0,42 mm (N.º 40);

LL – Limite de liquidez;

LP – Limite de plasticidade;

IP – índice de plasticidade;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

γs – Massa específica aparente seca máxima após a compactação na energia intermediária;

γg – Massa específica real das partículas sólidas.

Condição B

O equivalente de areia determinado conforme NBR 12052(3) deve ser superior a 30%.

## 3.2 Agregado

As britas deverão ser obtidas de agregado pétreo britado, podendo ser constituída de brita 1, brita 2, pedrisco e pó de pedra ou composição destas. Deve possuir as seguintes características:

a) os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha sã devem ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais;

b) a granulometria da brita deve ser tal que passe 100% na peneira de 19,0 mm;

c) desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(1), inferior a 50%;

d) a perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER ME 089(5), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20% e com sulfato de magnésio inferior a 30%,

e) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 – ME (6).

## 3.3 Mistura Solo-Brita

A mistura solo-brita deve satisfazer as seguintes exigências:

a) a porcentagem de brita, em peso da mistura, não pode ser inferior a 50%;

b) CBR ≥ 80% e expansão ≤ 0,5% na energia modificada, conforme com NBR 9895(7), para base do pavimento;

c) CBR ≥ 30% e expansão ≤ 1,0% na energia intermediária, conforme com NBR 9895(7), para sub-base do pavimento;

d) Para sub-base, a mistura deve atender aos seguintes coeficientes de curvatura (Cc) e uniformidade (Cu), sendo 3 ≥ Cc ≥1 e Cu ≥10, calculados pelas seguintes equações:

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \times D60}$$

Onde:

D10 = Diâmetro da partícula correspondente a 10%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.

D30 = Diâmetro da partícula correspondente a 30%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.

D60 = Diâmetro da partícula correspondente a 60%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

$$Cu = D60/D10$$

Onde:

D10= Diâmetro da partícula correspondente a 10%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.

D60= Diâmetro da partícula correspondente a 60%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.

e) Para sub-base não há necessidade da mistura atender as faixas granulométricas especificadas na Tabela 1;

f) a curva de projeto da mistura solo-brita para base deve apresentar granulometria contínua e se enquadrar em uma das faixas granulométricas especificadas na Tabela 1;

g) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém, sempre respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;

h) a porcentagem do material que passa na peneira nº 200 não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira nº 40;

i) o material da mistura que passar na peneira nº 40 (0,42 mm) deve atender a uma das condições especificadas no item 3.1;

j) para tráfego com N, número de solicitações do eixo padrão simples, de 8,2 toneladas igual ou superior a $10^7$, não devem ser utilizadas misturas com granulometrias correspondentes às faixas IV e V.

**Tabela 1 – Faixas Granulométricas para Base**

| Peneira de Malha Quadrada | | % em Massa, Passando | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ASTM | mm | I | II | III | IV | V | Tolerância |
| 1” | 25,4 | - | | | | | |
| 3/4” | 19,0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| 3/8” | 9,5 | 30 – 65 | 50 – 85 | 60 – 100 | - | - | ± 7 |
| n° 4 | 4,8 | 25 – 55 | 35 – 65 | 50 – 85 | 55 – 100 | 70 – 100 | ± 5 |
| n° 10 | 2,0 | 15 – 40 | 25 – 50 | 40 – 70 | 40 – 100 | 55 – 100 | ± 5 |
| n° 40 | 0,42 | 8 – 20 | 15 – 30 | 20 – 50 | 20 – 55 | 30 – 70 | ± 5 |
| n° 200 | 0,075 | 2 – 8 | 5 – 20 | 7 – 20 | 8 – 25 | 10 - 25 | ± 2 |

## 4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

O equipamento básico para a execução da sub-base ou base de solo-brita compreende as seguintes unidades:

a) caminhões basculantes;

b) pá-carregadeira;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

c) motoniveladora;

d) distribuidor de agregados autopropelido;

e) caminhão tanque irrigador de água de no mínimo 6.000 litros, equipada com motobomba, capaz de distribuir água sob pressão regulável e uniformemente;

f) compactador vibratório portátil ou sapo mecânico, uso eventual;

g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento;

h) rolo de pneus de pressão variável;

i) rolo vibratório liso ou corrugado (pata curta);

j) pequenas ferramentas, tais como pás, enxadas, garfos, rastelos etc.;

k) usina de mistura de solos

Nas centrais de mistura a usina deve ser constituída de:

- silos: para agregados e solo, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura;
- correia transportadora: que transportem os solos e o agregado, na proporção conveniente, até o equipamento misturador;
- misturador: constituído, normalmente, de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos dotados de pás tipo *pug-mill* que rodam em sentido contrário, providos de chapa metálica em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes e que, devido ao seu movimento, jogam os materiais contra as paredes, ao mesmo tempo em que os faz avançar até a saída do equipamento;
- reservatórios de água e canalizações que permitam depositar e espargir a água sobre o solo, após a homogeneização da mistura seca, deixando-a no teor ótimo previsto.
- equipamento de carga de caminhões constituído de um silo, abastecido por transportadores de correia ou elevadores de canecas e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura. Este dispositivo é utilizado quando não é possível deixar o misturador na altura adequada, para que o carregamento se faça por gravidade.

# 5 EXECUÇÃO

## 5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de solo-brita, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerado experimental, para obtenção dos objetivos:

Verificar se a mistura produzida na usina que chega ao campo apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim.

Definir o processo construtivo da camada (distribuição do material, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra de solo-brita, assim como seu grau de compactação de projeto.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de solo-brita, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.7 da especificação.

## 5.2 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dia de chuva.

A camada de sub-base e base solo-brita só pode ser executada quando a camada subjacente estiver liberada, quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade antes da execução da sub-base ou base de solo-brita.

Durante todo o tempo de execução da sub-base ou base de solo-brita, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

Caso a execução do solo brita não seja executada logo após a camada de apoio subjacente e ela tenha sido exposta a chuvas, para execução do solo brita é necessária uma nova avaliação de suas características, a saber:

a) O teor de umidade da camada subjacente deverá estar no máximo 3% acima do teor ótimo de compactação preconizado em seu projeto. Caso o teor de umidade seja superior a camada deverá secar ou ser retrabalhada, até que sua condição de umidade atenda ao limite;

b) Após o teor de umidade estar dentro do limite, efetuar a compactação se a camada for retrabalhada e, posteriormente, o controle do grau de compactação tanto na camada seca ao ar quanto na camada retrabalhada, que deverá atender ao projeto da camada subjacente;

c) Nas regiões que não atendam o grau de compactação por terem sido danificadas pelas chuvas, a camada subjacente deverá ser retrabalhada para atender seu projeto, antes da distribuição do solo brita.

## 5.3 Produção da Mistura

A usina deve ser calibrada adequadamente, de forma assegurar a obtenção das características desejadas para as misturas dos materiais.

O nível de carregamento dos silos dos materiais a serem misturados deve ser mantido constante, de modo a evitar a descontinuidade na produção da mistura.

A mistura deve sair da usina perfeitamente homogeneizada, com teor de umidade ligeiramente acima da umidade ótima, para fazer frente às perdas no decorrer das operações construtivas subsequentes.

Não é permitida a estocagem do material usinado para utilização posterior.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 5.4 Transporte e Distribuição

A mistura deve ser transportada em caminhões basculantes, protegidos com lonas para que o material não perca umidade e nem receba água de chuva.

A mistura deve ser distribuída por equipamento capaz de manter a espessura regular e uniforme, sem ocorrência de segregação, em toda a largura da plataforma, de forma tal que, após a compactação, sua espessura não exceda 20 cm nem seja inferior a 10 cm.

A variação do teor de umidade admitido para o material ao final da distribuição e para início da compactação é de ± 1,0 % da umidade ótima de compactação.

O espalhamento deve ser executado de forma que as juntas longitudinais não fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas e as juntas transversais não fiquem no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas do pavimento

## 5.5 Compactação

Na fase inicial da obra, devem ser executados segmentos experimentais, conforme indicado no item 5.1, de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos nos serviços de compactação. Deve-se estabelecer o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado.

Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado.

Nos trechos em tangente, a compactação deve ser executada das bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo sobrelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da sub-base ou base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, eixo. Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que seu uso não for desejável, tais como cabeceira de obras de arte, a compactação deve ser executada com rolos vibratórios mecânicos.

Durante a compactação, se necessário, pode ser promovido o umedecimento da superfície da camada mediante emprego de carro tanque irrigador de água. Esta operação é recomendada sempre que o teor de umidade estiver abaixo do limite inferior do intervalo de umidade admitido para a compactação.

As operações de compactação devem prosseguir em toda a espessura da sub-base ou base, até que se atinja grau de compactação mínimo de 100% em relação à massa específica máxima, obtida no ensaio NBR 7182 [(8)], na energia modificada, para as bases ou na energia intermediária, para as sub-bases.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 5.6 Acabamento

O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos de pneus de rodas lisa.

A motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vetada a correção de depressões por adição de material.

## 5.7 Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base de solo-brita não deve ser submetida à ação direta das cargas e da abrasão do tráfego.

# 6 CONTROLE

## 6.1 Controle dos Materiais

### 6.1.1 Solo

Devem ser executados os ensaios abaixo discriminados, com materiais coletados na usina, os lotes para coleta de material deverão corresponder a 1.500 m² de camada acabada:

a) limite de liquidez do material com diâmetro inferior a 0,42 mm, conforme NBR 6459 (2);

b) limite plasticidade do material com diâmetro inferior a 0,42 mm, conforme NBR 7180(9);

c) análise granulométrica, conforme NBR 7181(10);

d) classificar o solo de acordo com a metodologia MCT, conforme ME-DE-P00-006(1).

### 6.1.2 Agregado

Devem ser executados os seguintes ensaios:

a) granulometria NBR 17054(11), 1 ensaio a cada 1.500 m² de pista;

b) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(4); 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

c) durabilidade frente ao sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089(5); 1 ensaio no início do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

d) índice de forma e percentagem de partículas lamelares, conforme DNIT 425/2020 – ME (6): 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.

## 6.2 Controle da Produção do Solo Brita

Devem ser executadas as seguintes determinações na mistura solo brita, uma determinação a cada 1.500 m² de pista:

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

a) CBR e expansão, conforme NBR 9895[7], na energia modificada para as bases, ou na energia intermediária para sub-bases;

b) granulometria da mistura, conforme NBR 17054[11],

c) no material que passa na peneira de abertura 0,42mm determinar o limite de liquidez e plasticidade, conforme NBR 6459[2] e NBR 7180[9], respectivamente.

## 6.3 Controle da Execução

O controle da execução da camada será realizado através dos seguintes procedimentos:

a) determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima de compactação, conforme NBR 7182[8], na energia intermediária para as sub-bases e na energia modificada para as bases, com amostras coletadas na pista, 1 ensaio a cada 350 m² de pista;

b) determinação do teor de umidade com método expedito da frigideira, de acordo com NBR 16097[12], a cada 150 m² de pista, imediatamente antes do início da compactação; se o teor de umidade estiver compreendido no intervalo de ± 1,0 % do teor ótimo, o material pode ser liberado para compactação;

c) determinação do teor de umidade e da massa específica aparente seca *in situ*, de acordo com NBR 7185[13] utilizando o funil com diâmetro de 15,2 cm, e respectivo grau de compactação em relação aos valores obtidos na alínea a, em amostras retiradas na profundidade de no mínimo 75% da espessura da camada; 1 determinação a cada 150 m² de pista compactada.

## 6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

### 6.4.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e as diferenças de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m, conforme nota de serviço.

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

### 6.4.2 Controle da Largura e Alinhamentos

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena, executadas pelo menos a cada 20 m.

### 6.4.3 Controle do Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas réguas, uma de 1,20 m e outra 3,00 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 6.5 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas ($D_0$) da camada, a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024 [14], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[15].

# 7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais e de execução, estabelecidas nesta especificação e discriminadas a seguir.

## 7.1 Materiais

### 7.1.1 Solos

Os solos são aceitos desde que:

a) os resultados individuais do limite de liquidez e do índice de plasticidade forem inferiores a 25% e 6%, respectivamente, para solos não lateríticos. Quando os resultados de LL e IP forem maiores do que os especificados, os solos são aceitos desde que satisfaçam a uma das condições estabelecidas na alínea b do item 3.1.

b) os resultados individuais da granulometria sejam uniformes e atendam aos limites determinados no projeto da mistura de solo-brita.

c) caso o solo seja laterítico, confirmar se o solo se enquadra no grupo da classificação MCT obtido no projeto da mistura de solo-brita.

### 7.1.2 Agregado

O agregado é aceito desde que:

a) os resultados individuais da granulometria sejam mantidos constantes e os agregados passem integralmente na peneira de 19,0 mm;

b) os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, porcentagem de partículas lamelares e perda de durabilidade do agregado graúdo atendam ao estabelecidos no item 3.2.

## 7.2 Produção

A mistura solo brita é aceita desde que:

a) os resultados de CBR, calculados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 30% e 80% para sub-bases e bases, respectivamente;

b) os valores individuais de expansão sejam inferiores a 1,0% e 0,5% para sub-bases e bases, respectivamente;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

c) os resultados da granulometria da mistura analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, conforme anexo B; apresentem variações granulométricas dentro da faixa de tolerância, definida pela faixa de trabalho da mistura;

d) os resultados individuais de LL e IP, da fração com diâmetro inferior a 0,42 mm, sejam inferiores a 25% e 6%, respectivamente, ou quando os valores de LL e IP forem maiores que aos especificados, mas atenda a uma das condições estabelecidas na alínea b do item 3.1.

## 7.3 Execução

### 7.3.1 Compactação

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 100%, ou os valores de grau de compactação, analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 100%.

### 7.3.2 Geometria

Os serviços executados são aceitos, quanto à geometria, desde que:

a) as variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo de -2 cm a +1 cm em relação à de projeto;

b) não se obtenham diferenças nas espessuras superiores a 10% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

c) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma inferiores as de projeto;

d) o abaulamento transversal esteja compreendido na faixa de ± 0,5 % em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem o acúmulo de água.

O acabamento da superfície é aceito desde que a variação máxima entre dois pontos de contato de qualquer uma das réguas e a superfície da camada seja inferior a 0,5 cm.

## 7.4 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para número mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto.

# 8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e à segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução da sub-base e base de solo-brita.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais.

Na Exploração de materiais terrosos:

a) para as áreas de apoio necessárias a execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) na exploração de áreas de empréstimo, a contratada só poderá executar escavações nas áreas previstas no projeto ou naquelas que tiverem sido projetadas e especialmente aprovada pela fiscalização durante a construção. A exploração da área de empréstimo somente pode ser iniciada após a obtenção da autorização ambiental, qualquer alteração deve ser objeto de complementação;

c) os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza devem ser feitos dentro do limite da área autorizada; o material retirado deve ser estocado de forma que, após sua exploração, o solo orgânico possa ser reutilizado na recuperação da área;

d) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deverá ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes, sendo que os serviços deverão considerar os critérios impostos pelos órgãos. Em hipótese alguma será admitida a queima da vegetação como forma de supressão ou mesmo a queima dos resíduos do corte: troncos e ramos;

e) deve ser evitada a localização de áreas de apoio em áreas com restrições ambientais como: reservas ecológicas ou florestais, áreas de preservação permanente, de preservação cultural etc., ou mesmo em suas proximidades;

f) durante sua exploração, as áreas devem ser mantidas com drenagem adequada, de modo a evitar o acúmulo de águas bem como processos erosivos;

g) deve-se planejar adequadamente a exploração da área, de modo a minimizar os impactos decorrentes e a facilitar a recuperação ambiental da área, que deve ser executada tão logo esteja concluída a exploração.

Na exploração de pedreiras e areais:

a) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

b) não é permitida a localização da pedreira, e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

c) deve-se evitar a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

e) caso seja necessário promover o corte de árvores para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes, os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte;

f) deve-se construir junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carregamento para cursos d'água;

g) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

h) caso os agregados sejam fornecidos por terceiros para serem britados pela executante, devem ser atendidas as alíneas anteriores e tomados os seguintes cuidados: instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

## 8.2 Execução

Durante a execução devem ser conduzidos os seguintes procedimentos:

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibida a disposição de materiais provenientes da escarificação nas bordas da pista de forma causar soterramento da vegetação lindeira. A remoção de materiais quando necessária deve obedecer a especificação técnica – Depósito de Materiais Excedentes;

g) deve-se providenciar a execução de barreiras de proteção, tipo leiras de solo, quando as obras estiverem próximas a cursos d'água ou mesmo sistema de drenagem que descarregue em cursos d'água, para evitar o carreamento de solo ou queda, de blocos ou fragmentos de rocha em corpos d´água próximos a rodovia;

h) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço é medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, que incluem: o fornecimento de material, homogeneização da mistura em usina devidamente calibrada, perdas, carga e descarga do material usinado, espalhamento, compactação e acabamento. Além de outras operações abrangendo inclusive a escavação, carga, transporte de solo e demais insumos a serem utilizados na mistura, mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, e outros recursos utilizados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

| DESIGNAÇÃO | UNIDADE |
|---|---|
| 23.04.02.05 – Sub base ou base de solo brita 50% brita; | m³ |
| 23.04.02.07 – Sub base ou base de solo brita 60% brita; | m³ |
| 23.04.02.09 – Sub base ou base de solo brita 70% brita; | m³ |
| 23.04.02.11 – Sub base ou base de solo brita 80% brita; | m³ |
| 23.04.02.13 – Sub base ou base de solo brita 90% brita; | m³ |

# 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DER/SP DE-ME-P00/006 – Método de classificação de solos tropicais, segundo a metodologia MCT. São Paulo, 2023.

2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

3 ____. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

4 ____. **NBR 16974**. Agregado graúdo – Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2022.

5 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 089**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

6 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DE RODAGEM. **DNIT 425/2020 – ME.** Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro – Método de ensaio. Brasília, 2020.

7 **____. NBR 9895**. Solo – Índice Suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 2016.

8 ____. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

9 ____. **NBR 7180**. Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

10 ____. **NBR 7181.** Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.

11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

12 ____. **NBR 16097**. Solo - Determinação do teor de umidade — Métodos expeditos de ensaio, 2012.

13 ____. **NBR 7185** – Determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

14 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

15 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo "*Falling Weight Deflectometer* – FWD". Rio de Janeiro, 1996.

_____

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

# ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **1. CONTROLE DOS MATERIAIS** | | | | |
| **1.1 Solo** | | | | |
| Classificação MCT | ME-DE-P00-006[1] | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Resultados Individuais | Parâmetro de controle |
| Análise granulométrica | NBR 7181[10] | | | Sejam constantes e compatíveis com a granulometria da composição da mistura. |
| Limite de liquidez<br>Limite de plasticidade | NBR 6459 [2]<br>NBR 7180[9] | | | LL < 25% e IP < 6%<br>Valores superiores aos estabelecidos serão aceitos desde que o material satisfaça a uma das condições da alínea b, item 3.1 |
| **1.2 Agregado** | | | | |
| Granulometria | NBR 17054[11] | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista | Resultados individuais | A granulometria seja mantida constante e os agregados passem integralmente na peneira de 25,0mm |
| Abrasão Los Angeles | NBR 16974 [4] | 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material; | | ≤ 50% |
| Índice de forma | DNIT 425/2020 – ME [6] | | | Índice de forma ≥ 0,5 |

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **2. CONTROLE DA PRODUÇÃO** | | | | |
| CBR, na energia intermediária para subbase e na energia modificada para as bases. | NBR 9895(7) | 1 ensaio a cada 1.500m² de pista; | Controle Estatístico Unilateral<br>$X = \bar{X} - KS \geq LIE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | ≥30% para sub-bases<br>≥ 80% para bases |
| Expansão | NBR 9895(7) | | Resultados individuais | ≤ 0,1% para sub-bases<br>≤ 0,5 para bases |
| Granulometria da mistura | NBR 17054(11) | | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Valores obtidos estatisticamente devem estar dentro dos limites da faixa de trabalho da mistura |
| Limite de liquidez<br>Limite de plasticidade | NBR 6459(2)<br>NBR 7180(9) | | Resultados Individuais | LL < 25% e IP < 6%<br>Valores superiores aos estabelecidos serão aceitos desde que o material satisfaça a uma das condições da alínea b, item 3.1 |

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **3. CONTROLE DA EXECUÇÃO** | | | | |
| Massa especifica aparente seca máxima e umidade ótima | NBR 7182[8] | 1 ensaio a cada 350m² de pista | Resultados individuais | Parâmetro de controle |
| Teor de umidade | Método expedito da frigideira NBR 16097[12] | 1 ensaio a cada 150m² de pista, imediatamente antes a compactação | Resultados individuais | Deve estar compreendido entre ± 1 pontos percentuais da umidade ótima |
| Teor de umidade e massa específica aparente seca, in situ, e o respectivo grau de compactação | NBR 7185[13] | 1 ensaio a cada 150m² de pista compactada | Controle Estatístico Unilateral<br>$X = \bar{X} - KS \geq LIE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Resultados Individuais<br>GC ≥ 100%<br>ou<br>GCest ≥ 100%. |
| **4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO** | | | | |
| Espessuras e cotas | Relocação e nivelamento topográfico<br>Medidas de trena | A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários. | Resultados individuais | Variação no eixo longitudinal e das cotas das bordas, nas seções transversais não devem ser superiores a - 2,0 à +1,0cm das cotas de projeto<br>Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada; |
| Largura e alinhamentos da plataforma | | A cada 20 m | Resultados individuais | Não se admite valores para semilargura inferiores aos previstos em projeto |
| Acabamento da superfície | Duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada. | A cada 20 m | Resultados individuais | A variação máxima admitida, entre dois pontos de contado, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5cm. |

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **5. DEFLEXÕES** | | | | |
| Determinação das deflexões | Viga Benkelman DNER ME 024[15]<br>FWD<br>DNER PRO 273[16] | A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar $D_0$; | Controle Unilateral<br>$\bar{X} = \bar{X} + KS \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 15 determinações | A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto. |

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

# ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## Tabela B-1 – Controle Estatístico

| Parâmetro | | |
|---|---|---|
| 1 - Média aritmética da amostra ( $\overline{X}$ ) | $\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$ | Onde:<br>**$X_i$** = valor individual da amostra<br>**N** = nº de determinações efetuadas<br>**K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras<br>**$K_1$ =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações<br>**LSE** = limite superior especificado<br>**LIE** = limite inferior especificado |
| 2 – Desvio-padrão da amostra (S) | $S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$ | |
| **Controle Unilateral** | | |
| 3 – Controle pelo limite inferior<br><br>4- Controle pelo limite superior | $X = \overline{X} - KS \geq LIE$<br>Ou<br>$X = \overline{X} + KS \leq LSE$ | |
| **Controle Bilateral** | | |
| 5 – Controle pelo limite inferior e superior | $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$<br>e<br>$X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ | |

## Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

| N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | 0,95 | 1,34 | **10** | 0,77 | 1,12 | **25** | 0,67 | 1,00 |
| **5** | 0,89 | 1,27 | **12** | 0,75 | 1,09 | **30** | 0,66 | 0,99 |
| **6** | 0,85 | 1,22 | **14** | 0,73 | 1,07 | **40** | 0,64 | 0,97 |
| **7** | 0,82 | 1,19 | **16** | 0,71 | 1,05 | **50** | 0,63 | 0,96 |
| **8** | 0,80 | 1,16 | **18** | 0,70 | 1,04 | **100** | 0,60 | 0,92 |
| **9** | 0,78 | 1,14 | **20** | 0,69 | 1,03 | $\infty$ | 0,52 | 0,84 |

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.