

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <b>ESPECIFICAÇÃO DE SERVIÇO</b>           | Grupo de Serviço<br><b>PAVIMENTAÇÃO</b> |
|   | <b>BASE DE SOLO MELHORADO COM CIMENTO</b> | Código<br><b>DERBA-ES-P-06/01</b>       |

## 1. OBJETIVO

Esta especificação de serviço define os critérios que orientam a execução de base de solo melhorado com cimento, em obras rodoviárias sob a jurisdição do DERBA.

## 2. GENERALIDADES

Base de solo melhorado com cimento é uma camada resultante de uma mistura de solo, cimento e água, em proporções determinadas por ensaios prévios de laboratório, compactada e submetida a processo eficiente de cura.

A incorporação de cimento tem por objetivo a melhoria do solo, modificando os seus limites de consistência, a sua sensibilidade à água e a sua resistência ao cisalhamento.

## 3. MATERIAIS

Os materiais empregados na mistura devem atender às seguintes exigências:

3.1 O cimento Portland deve obedecer às exigências da ABNT e os ensaios para fins de recebimento devem também atender aos métodos adotados pela ABNT;

3.2 O Índice de Finura do cimento utilizado deve ser satisfatório, conforme as exigências da especificação correspondente;

3.3 A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais;

3.4 Os solos empregados na execução de bases de solos melhorados com cimento, devem ser os provenientes de ocorrências de materiais, devendo apresentar as seguintes características:

a) A granulometria deve estar enquadrada numa das seguintes faixas:

| PENEIRA |       | % PASSANDO EM PÊSO |       |       |        |        |        |
|---------|-------|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| ASTM    | (mm)  | A                  | B     | C     | D      | E *    | F *    |
| 2"      | 50,8  | 100                | 100   | -     | -      | -      | -      |
| 1"      | 25,4  | -                  | 75-90 | 100   | 100    | 100    | 100    |
| 3/8"    | 9,5   | 30-65              | 40-75 | 50-85 | 60-100 | -      | -      |
| n. 4    | 4,8   | 25-55              | 30-60 | 35-65 | 50-85  | 55-100 | 70-100 |
| n.10    | 2,0   | 15-40              | 20-45 | 25-50 | 40-70  | 40-100 | 55-100 |
| n.40    | 0,42  | 8-20               | 15-30 | 15-30 | 25-45  | 20 -50 | 30- 70 |
| n.200   | 0,074 | 2- 8               | 5-15  | 5-15  | 5-20   | 6- 20  | 8- 25  |

(\*) Só devem ser utilizadas quando  $N \geq 5 \times 10^6$ .

- b) A fração que passa na peneira número 40, deve apresentar Limite de Liquidez igual ou inferior a 40% e Índice de Plasticidade igual ou inferior a 18%;
- c) A porcentagem do material passando na peneira número 200, não deve ultrapassar 2/3 da porcentagem que passa na peneira número 40;
- d) O agregado retido na peneira número 10 deve ser constituído de partículas duras e duráveis, isento de fragmentos moles, alongados ou achatados, e de matéria vegetal ou outra substância prejudicial. Quando submetido ao ensaio de "Abrasão Los Angeles", não deve apresentar desgaste superior a 55%;
- e) Devem possuir a trabalhabilidade necessária à realização das operações de construção da base de solo melhorado com cimento e não devem conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas;
- f) Eventualmente poderão entrar na mistura materiais como pedregulhos, pedra britada, etc.;

3.4 A mistura dos materiais deve apresentar um Índice de Suporte Califórnia mínimo de 80% e uma Expansão máxima de 0,5%, bem como um Limite de Liquidez igual ou inferior a 25% e o Índice de Plasticidade igual ou inferior a 6%;

3.5 O ensaio de Índice de Suporte Califórnia, deve ser realizado em corpos de prova preparados do seguinte modo:

- a) O cimento é incorporado e misturado ao solo úmido, deixando-se a mistura solta em repouso por um período em torno de 72 horas, que poderá sofrer alterações para mais ou para menos, de acordo com a natureza do solo. Assim, deve ser reduzido ou mantido para os solos argilosos, para as lateritas e deve ter re-estudada a sua duração, para mais, para os solos arenosos;
- b) Com a mistura preparada conforme descrito acima, moldam-se os corpos de prova para o ensaio do Índice de Suporte Califórnia, que devem ser rompidos imediatamente, sem imersão;
- c) Os corpos de prova obtidos no ensaio são deixados imersos durante um período de 4 dias, e depois penetrados;
- d) O ensaio do Índice de Suporte Califórnia deve ser realizado até a penetração de 0,5 polegadas, de modo a ser possível o traçado, com precisão, da curva pressão-penetração. No caso de não ser possível atingir a penetração de 0,5 polegadas o corpo de prova deve ser destorroadado, recomeçando-se o processo da determinação do Índice de Suporte Califórnia, como descrito.
- e) O teor de cimento a adotar, deve ser o de menor valor que conferir ao solo um Índice de Suporte Califórnia maior ou igual a 80%. Não devem ser usados teores de cimento menores do que 2% em relação ao solo seco.

#### 4. EQUIPAMENTOS

Todo o equipamento deve ser inspecionado pela Fiscalização, devendo dela receber aprovação, sem o que não deve ser dada a autorização para o início dos serviços.

O equipamento básico para a execução dos serviços compreende as seguintes unidades:

4.1 Trator de esteira equipado com lâmina e escarificador;

4.2 Carregadeira;

4.3 Caminhão basculante;

4.4 Motoniveladora pesada, com escarificador e lâmina apropriada para acabamento da base;

4.5 Caminhão irrigador equipado com bomba e barra distribuidora;

4.6 Grade de disco e/ou pulvimisturador;

4.7 Rolo compactador compatível com o tipo de material e a densidade especificada;

4.8 Gabarito e régua, de madeira ou metálica, de 3m de comprimento;

4.9 Central de mistura, provida de silos para solos e para cimento, depósito de água e dispositivos de controle das proporções de materiais componentes da mistura, capaz de propiciar umedecimento e produção de forma homogênea;

4.10 Distribuidor de agregados autopropulsionado.

Outros equipamentos, a critério da Fiscalização, poderão ser utilizados.

## 5. EXECUÇÃO

### 5.1 Preparo da superfície

a) A superfície a receber a camada de base, deve estar perfeitamente limpa e desempenada, devendo ter recebido a prévia aprovação por parte da Fiscalização.

b) Eventuais defeitos existentes devem ser necessariamente reparados, antes da distribuição do material.

### 5.2 Produção da mistura

a) Todas as operações necessárias ao preparo da mistura final devem ser realizadas em central, restando apenas o transporte da mistura já pronta para a rodovia onde deve ser enleirada, deixada curar por 72 horas, espalhada umedecida e homogeneizada com as devidas precauções de modo que, após a compactação apresente a espessura, o greide longitudinal e a seção transversal referida no projeto.

b) Os materiais que integrarão a mistura devem ser acumulados nos silos da usina, devendo ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção.

c) A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura dos materiais.

d) O grau de pulverização exigido é de 70%, no mínimo.

e) A mistura deve sair da usina perfeitamente homogeneizada, com o teor de umidade ligeiramente acima da umidade ótima, de forma a fazer frente às perdas no decorrer das operações construtivas subseqüentes.

### 5.3 Transporte da mistura

a) O transporte da mistura, da usina para a pista, deve ser feito em caminhões basculantes.

b) Não deve ser permitida a estocagem do material usinado.

c) Os veículos de transporte devem ser cobertos com lonas, de modo a evitar perda de umidade por evaporação ou excesso de umidade da mistura pela ação de chuvas.

d) Não deve ser permitido o transporte da mistura para a pista, quando a sub-base ou a camada subjacente estiver molhada, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento.

#### 5.4 Distribuição e Espalhamento da mistura

a) A distribuição da mistura, sobre a camada anterior previamente liberada pela Fiscalização, deve ser realizada com distribuidor de agregados, capaz de espalhar o material em espessura uniforme, sem produzir segregação.

b) Opcionalmente, em função das características da mistura e com a autorização da Fiscalização, a distribuição poderá ser procedida pela ação de motoniveladora. Neste caso, a mistura deve ser descarregada dos basculantes em leiras sobre a camada anterior liberada pela Fiscalização, devendo ser estabelecidos critérios de trabalho que assegurem a qualidade do serviço.

c) O espalhamento da mistura deve ser efetuado em espessura tal que, após compactação, resulte a espessura de projeto.

d) Deve ser vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material.

e) A espessura individual da camada acabada, deve se situar no intervalo de 0,10m, no mínimo, a 0,20m, no máximo.

#### 5.5 Compactação e Acabamento

a) A compactação da mistura depois de curada, umedecida e homogeneizada deve ser realizada com o emprego de equipamentos que assegurem a obtenção da massa específica aparente fixada, em toda a espessura da camada compactada.

b) O teor de umidade da mistura, no início da compactação, deve situar-se na faixa de -1,0% a +2,0%, em relação à umidade ótima indicada pelo ensaio de compactação, com a energia adotada em projeto.

c) A compactação deve ser executada em faixas longitudinais, devendo ser iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal e progredir para o ponto mais alto.

d) Em cada passada o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, 0,20m da faixa anteriormente coberta.

e) Durante as operações de compactação, devem ser tomadas as medidas necessárias para que a camada superficial seja mantida na umidade ótima, ou ligeiramente acima, recorrendo-se a pequenas adições de água, se preciso for.

f) Após a conclusão da compactação deve ser feito o acerto da superfície, de modo a satisfazer o projeto, pela eliminação de saliências, com o emprego da motoniveladora. Não deve ser permitida a correção de depressões pela adição de material. A superfície da camada deve ser comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas.

g) A compactação e o acabamento finais devem ser obtidos com o emprego de rolo de pneumáticos de pressão regulável.

h) O grau de compactação deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, adotada como referência na dosagem da mistura, com emprego da energia de compactação do Proctor Intermediário.

i) O tempo decorrido entre o início da compactação e o acabamento final da camada, não deve exceder a três horas.

j) Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem ser processadas fora da área de operação.

k) Em lugares inacessíveis ao equipamento, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida deve ser feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

## 5.6 Juntas de construção

a) As juntas de construção transversais devem ser executadas de acordo com procedimentos que assegurem a sua eficiência e bom acabamento.

b) As juntas de construção longitudinais devem ser evitadas, executando-se a base de solo melhorado com cimento em toda a largura da pista, em uma única etapa.

## 5.7 Proteção e Cura

a) A camada acabada de base melhorada com cimento deve ser submetida de imediato a processo de cura, devendo para isto ser protegida contra a perda rápida de umidade por evaporação por período de, no mínimo, sete dias.

b) O processo de cura consistirá de aplicação de pintura asfáltica, com emulsão diluída em água.

c) Antes da aplicação, a superfície deve ser completamente limpa, através do emprego de processos e equipamentos adequados. Se necessário, para assegurar a adequada limpeza, a Fiscalização poderá exigir o emprego de jatos de ar comprimido.

d) Anteriormente à aplicação da pintura de cura, a superfície deve estar convenientemente umedecida.

e) As taxas de diluição de emulsão e de aplicação do ligante devem ser definidas pela Fiscalização, objetivando-se a formação de uma película impermeável e homogênea.

f) Outros processos de cura poderão ser utilizados, como a proteção da superfície da base melhorada com cimento com uma camada de 5cm de solo arenoso ou 10cm de capim. Em ambos os casos, as camadas de proteção devem ser mantidas úmidas durante 7 dias, através de molhações frequentes e controladas, de modo a evitar que a água escorra sobre a superfície da base, removendo o cimento nela existente.

## 5.8 Abertura ao tráfego

a) A camada de base melhorada com cimento não deve ser submetida a ação direta do tráfego.

b) Em caráter excepcional, a Fiscalização poderá autorizar a liberação ao tráfego por curto espaço de tempo, desde que tal fato não prejudique a qualidade do serviço.

## 6. MANEJO AMBIENTAL

Os cuidados a serem observados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base de solo melhorado com cimento são:

### 6.1 Na exploração das ocorrências de materiais:

- a) Atendimento às recomendações preconizadas na especificação DERBA-ES-T-04/01 – Terraplenagem - Empréstimos.
- b) Não provocar queimadas como forma de desmatamento.
- c) As estradas de acesso devem seguir as recomendações da especificação DERBA-ES-T-02/01 – Terraplenagem – Caminhos de Serviços.

## 6.2 Na execução:

Os cuidados para a preservação ambiental referem-se à disciplina do tráfego e estacionamento dos equipamentos.

- a) Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural.
- b) As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, devem ser localizadas de forma que, resíduos de lubrificantes e, ou, combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

## 7. CONTROLE

### 7.1 Controle tecnológico

Os locais para a realização de controle devem ser de livre escolha da Fiscalização e devem ser procedidos os seguintes ensaios:

- a) Uma determinação da Massa Específica Aparente Seca, "in situ", a cada 100m de pista, imediatamente após o término da compactação;
- b) Uma determinação do Teor de Umidade a cada 100m de pista, imediatamente antes do início da compactação;
- c) Um conjunto de ensaios de caracterização (Limite de Liquidez, Limite de Plasticidade e Granulometria), para cada 200m de pista, no máximo;
- d) Um ensaio de Índice de Suporte Califórnia, com a energia de compactação especificada, a cada 200m de pista;
- e) Um ensaio de Compactação segundo o método DERBA-S-07/68, para determinação da Massa Específica Aparente Seca Máxima, a cada 300m de pista, com amostras coletadas alternadamente na ordem eixo, bordo, eixo. Deve ser obedecido um afastamento de 0,30m do bordo. Ressalvando-se os espaçamentos especificados, a retirada das amostras para execução dos ensaios de Compactação deve ser feita no local da determinação da Densidade Seca Máxima Aparente "in situ". O número de ensaios de Compactação poderá ser reduzido, caso se verifique a homogeneidade do material.
- f) Um ensaio de Finura do cimento empregado, por dia de trabalho;
- g) Uma determinação do Grau de Pulverização a cada 300t de mistura ou no mínimo, 4 ensaios por dia de trabalho;
- h) Uma determinação da espessura da camada de mistura solta, a cada 20m;
- i) Uma determinação do Teor de Cimento, a cada dia de trabalho, pelo método de titulação;
- j) Controle do tempo despendido desde a incorporação do cimento à mistura, na central, até o

início da compactação, para cada sub-trecho executado;

l) Controle do tempo despendido desde o início até o final das operações de compactação e acabamento, para cada sub-trecho executado;

m) Aferição racional da usina, com vista à definição da adequação das proporções dos componentes da mistura, ao menos duas vezes por semana;

n) Avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual efetuada pela Fiscalização, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura.

## 7.2 Controle Geométrico e de Acabamento

a) Cotas: após a execução do serviço, devem ser procedidos a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos, a cada 20m, pelo menos, envolvendo no mínimo três pontos da secção transversal.

b) Largura: deve ser determinada a largura da plataforma acabada, por medidas à trena, executadas a cada 20m, pelo menos.

c) Acabamento da superfície: as condições de acabamento da superfície devem ser apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais.

## 8. ACEITAÇÃO

### 8.1 Controle tecnológico

Os serviços devem ser considerados aceitos, sob o ponto de vista tecnológico, desde que sejam atendidas as seguintes condições:

a) Os valores máximos e mínimos, decorrentes da amostragem, a serem confrontados com os especificados, sejam calculados pelas seguintes fórmulas:

$$x_{\text{mín}} = \bar{x} - \frac{1,29 S}{\sqrt{N}} - 0,68 S$$

$$x_{\text{máx}} = \bar{x} + \frac{1,29 S}{\sqrt{N}} + 0,68 S$$

b) Para o caso do Índice de Suporte Califórnia (ISC), o valor  $\mu$ , calculado de acordo com a fórmula abaixo, deve ser superior ao valor mínimo especificado:

$$\mu = \bar{x} - \frac{1,29 S}{\sqrt{N}}, \text{ em que } \bar{x} = \frac{\sum x}{N} \text{ e } S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x)^2}{N-1}}$$

$N \geq 9$  (nº de determinações efetuadas);

c) Não se admitirão valores individuais inferiores a 80% do especificado para o ISC;

- d) Os valores mínimos calculados estatisticamente para o grau de compactação, obtidos na alínea "a", sejam iguais ou superiores a 100%, para camadas compactadas na energia do Proctor Intermediário. Não se admitirão valores individuais inferiores a 98% para o grau de compactação;
- e) O cimento utilizado obedeça as especificações da ABNT e apresente Índice de Finura satisfatório;
- f) Os valores individuais dos graus de pulverização obtidos, atendam ao especificado para o tipo de mistura empregado;
- g) Os tempos máximos estabelecidos para cada etapa de serviço sejam obedecidos;
- h) O teor de cimento da mistura, para cada sub-trecho executado, situe-se na faixa de mais ou menos 0,5% em relação ao valor de projeto;
- i) O teor de umidade, por ocasião da compactação, esteja compreendido na faixa -1% a +2%, em relação à umidade ótima indicada pelo ensaio de Compactação, com a energia do Proctor Intermediário;
- j) A eficiência do processo de cura empregado seja considerada satisfatória pela Fiscalização.

## 8.2 Controle Geométrico e de Acabamento

Os serviços executados devem ser aceitos, à luz do Controle Geométrico e de Acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) A espessura média da camada de base de solo melhorado com cimento, deve ser determinada pela fórmula:

$$\mu = \bar{x} - \frac{1,29 S}{\sqrt{N}}, \text{ em que } \bar{x} = \frac{\sum x}{N} \text{ e } S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{x} - x)^2}{N-1}}$$

$N \geq 9$  (nº de determinações efetuadas);

- b) A espessura média, determinada estatisticamente, não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,01m;
- c) Não devem ser tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo mais ou menos 0,02m, em relação à espessura de projeto;
- d) Em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de base de solo melhorado com cimento de espessura média inferior à de projeto, a diferença deve ser compensada estruturalmente na camada de revestimento;
- e) Em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de base de solo melhorado com cimento de espessura média superior à de projeto, a diferença não deve ser deduzida da espessura da camada do revestimento;
- f) A variação máxima de largura da plataforma da camada final de base de solo melhorado com cimento, deve ser de 0,10m, não se admitindo variação para menos;
- g) As condições de acabamento, apreciadas pela Fiscalização em bases visuais, sejam

consideradas satisfatórias.

## 9. MEDIÇÃO

9.1 Os serviços devem ser medidos, levando-se em consideração o volume compactado medido na pista e expresso em metros cúbicos, segundo a secção transversal do projeto. Para fins de cálculo da largura média, deve ser considerado o talude da camada igual a 1,5H : 1,0V.

9.2 No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, deve ser considerada a espessura média ( $\bar{x}$ ), calculada como indicada anteriormente.

9.3 Quando  $\bar{x}$  for inferior à espessura do projeto, deve ser considerado o valor , e quando for superior, deve ser considerada a espessura de projeto.

## 10. PAGAMENTO

Os serviços executados devem ser pagos, mediante medição, com base nos preços unitários contratuais, os quais devem representar a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão de obra, equipamentos, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.