



**Departamento de Estradas  
de Rodagem do Estado do  
Paraná - DER/PR**

Avenida Iguaçu 420  
CEP 80230 902  
Curitiba Paraná  
Fone (41) 3304 8000  
Fax (41) 3304 8130  
[www.pr.gov.br/transportes](http://www.pr.gov.br/transportes)

**DER/PR ES-P 11/05**

## **PAVIMENTAÇÃO: SOLO-CIMENTO E SOLO TRATADO COM CIMENTO**

Especificações de Serviços Rodoviários

Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005

Deliberação n.º 281/2005

Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 11/91

Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavras-chave: base, sub-base, solo, cimento

19 páginas

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução de bases ou sub-bases de solo-cimento e solo tratado com cimento. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/05.

### **SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

## 0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento dos serviços em epígrafe, tendo como base a especificação DER/PR ES-P 11/91 e as referências técnicas das aplicações recentes realizadas no país.

## 1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na seleção do produto e sua aplicação em camadas de sub-base ou base de pavimentos rodoviários em obras sob a jurisdição do DER/PR.

## 2 REFERÊNCIAS

|                                                                  |                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABNT NBR 5732                                                    | - Cimento Portland comum;                                                                                      |
| ABNT NBR 5736                                                    | - Cimento Portland pozolânico;                                                                                 |
| ABNT NBR 5739                                                    | - Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos;                                              |
| ABNT NBR 6118                                                    | - Projeto de estruturas de concreto – procedimento;                                                            |
| ABNT NBR 7182                                                    | - Solo – ensaio de compactação.                                                                                |
| ABNT NBR 9202                                                    | - Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da finura por meio da peneira 0,044mm (número 325); |
| DNER-ME 024/94                                                   | - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman;                                                  |
| DNER-ME 080/94                                                   | - Solos – análise granulométrica por peneiramento;                                                             |
| DNER-ME 082/94                                                   | - Solos – determinação do limite de plasticidade;                                                              |
| DNER-ME 092/94                                                   | - Solo - determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia;                 |
| DNER-ME 122/94                                                   | - Solos – determinação do limite de liquidez – método de referência e método expedito;                         |
| DNER-ME 129/94                                                   | - Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas;                                                     |
| DNER-ME 201/94                                                   | - Solo-cimento – compressão axial de corpos de prova cilíndricos;                                              |
| DNER-ME 202/94                                                   | - Solo-cimento – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos;                                               |
| DNER-PRO 277/97                                                  | Metodologia para controle estatístico de obras e serviços                                                      |
| DNIT 011/2004-PRO                                                | Gestão da qualidade em obras rodoviárias;                                                                      |
| DNIT 068/2004-PRO                                                | Gestão da qualidade em obras rodoviárias – procedimento;                                                       |
| Manual de Execução de Serviços Rodoviários – DER/PR;             |                                                                                                                |
| Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR; |                                                                                                                |
| Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR;         |                                                                                                                |

## 3 DEFINIÇÕES

3.1 Solo-cimento e solo tratado com cimento são misturas íntimas, executadas na pista ou em usina, compostas por solo, cimento e água, adequadamente compactadas e submetidas a processo eficiente de cura.

3.2 Para os fins desta especificação, a distinção entre os dois tipos de serviço é baseada no comportamento da camada, avaliado através da resistência à compressão simples da mistura, aos sete dias de idade, de acordo com os seguintes valores:

- a) solo tratado com cimento: de 1,2 a 2,1 MPa;
- b) solo-cimento: superior a 2,1 MPa.

## **4 CONDIÇÕES GERAIS**

4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação:

- a) sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar, se necessário;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias do DER/PR;
- c) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- d) sem a aprovação prévia pelo DER/PR, do projeto de dosagem;
- e) em dias de chuva.

## **5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS**

### **5.1 Materiais**

5.1.1 Todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

#### **5.1.2 Cimento Portland**

- a) Podem ser utilizados os seguintes tipos de cimento Portland especificados pela ABNT:
  - cimento Portland comum ..... NBR 5732/91
  - cimento Portland pozolânico ..... NBR 5736/91
- b) O emprego de outros tipos de cimento (cimento Portland de alta resistência inicial ou de alto forno), é abordado no Manual de Execução;
- c) O índice de finura do cimento utilizado (NBR 9202/85) deve ser satisfatório, face às exigências da especificação correspondente;

- d) Com relação às condições de armazenamento do cimento, observar o disposto a respeito no Manual de Execução.

### 5.1.3 Água

- a) A água utilizada deve ser isenta de materiais estranhos prejudiciais ao comportamento da mistura.

### 5.1.4 Solo

5.1.4.1 Os solos empregados na execução de sub-bases ou bases de solo-cimento ou de solo tratado com cimento devem apresentar as seguintes características:

- a) condições granulométricas:

| PENEIRAS |       | % Passando, Em Peso |
|----------|-------|---------------------|
| ASTM     | mm    |                     |
| 2"       | 50,8  | 100                 |
| nº 4     | 4,8   | 55-100              |
| nº 200   | 0,074 | 5-45                |

- b) o material empregado deve possuir trabalhabilidade adequada à realização das operações de construção da sub-base ou base (ver Manual de Execução);
- c) o material não deve conter matéria orgânica ou outras impurezas nocivas;
- d) a respeito da utilização de ensaios físicos (limites de liquidez e plasticidade) na definição do emprego de solos em mistura com cimento, reportar-se ao Manual de Execução.

### 5.1.5 Composição da mistura

5.1.5.1 A mistura de solo-cimento ou de solo tratado com cimento deve ser dosada de acordo com os critérios apresentados no Manual de Execução.

5.1.5.2 A resistência à compressão simples da mistura, aos sete dias, deve atender aos seguintes limites:

- a) solo tratado com cimento:
- sub-base: 1,2 a 2,1 MPa.
  - base: 1,5 a 2, 1 MPa.
- b) solo-cimento:
- sub-base ou base: superior a 2,1 MPa.

5.1.5.3 Misturas do tipo solo tratado com cimento poderão, complementarmente, ser dosadas em função do índice de suporte Califórnia da mistura. Detalhes a respeito integram o Manual de Execução.

5.1.5.4 A energia de compactação a adotar será:

- a) solo tratado com cimento: intermediária;
- b) solo-cimento: normal.

5.1.5.5 Opcionalmente, em função das características da mistura e do dimensionamento, podem ser empregadas energias diferentes das especificadas. Comentários a respeito integram o Manual de Execução.

## 5.2 Equipamentos

5.2.1 Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

5.2.2 Mistura na pista:

- a) pá-carregadeira;
- b) caminhões basculantes;
- c) motoniveladora pesada com escarificador;
- d) recicladora;
- e) rolos compactadores do tipo pé-de-carneiro "pata longa";
- f) rolos compactadores vibratórios corrugados;
- g) rolos compactadores pneumáticos, de pressão regulável ;
- h) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- i) ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).

5.2.3 Mistura na usina:

- a) central de mistura, provida de silos para solo e para cimento, depósito de água e dispositivos de controle das proporções de materiais componentes da mistura, capaz de propiciar umedecimento e produção de mistura homogênea.
- b) pá-carregadeira;
- c) caminhões basculantes;
- d) distribuidor de agregados autopropulsionado;

- e) motoniveladora;
- f) rolos compactadores do tipo pé-de-carneiro "pata longa";
- g) rolos compactadores vibratórios corrugados;
- h) rolos compactadores pneumáticos, de pressão regulável;
- i) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- j) ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).

### 5.3 Execução

5.3.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.3.2 Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento “Informações e Recomendações de Ordem Geral”, procedimentos a serem obedecidos pela executante e pelo DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento experimental.

5.3.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender o projeto de dosagem, valores e limites definidos nesta Especificação, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pelo DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.3.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental, este deve ser removido e reconstruído em condições de execução ajustadas, até que todos os parâmetros sejam satisfatórios.

5.3.5 Mistura na pista:

#### 5.3.5.1 Preparo da superfície

- a) A superfície que vai receber a camada de base ou sub-base de solo-cimento ou solo tratado com cimento deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.
- b) Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

#### 5.3.5.2 Extração dos materiais na jazida

- a) a(s) jazidas(s) indicada(s) no projeto deve(m) ser objeto de criterioso zoneamento, com vistas à seleção de materiais que atendam às características especificadas;

- b) durante a operação de carga, devem ser tomadas as precauções necessárias para evitar a contaminação por materiais estranhos.

#### 5.3.5.3 Transporte e distribuição do solo

- a) não é permitido o transporte do material para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento;
- b) os caminhões basculantes descarregam as respectivas cargas em pilhas sobre a pista, com adequado espaçamento;
- c) o espalhamento é efetuado mediante atuação da motoniveladora;
- d) a definição da espessura do colchão de material solto que, após compressão, permita a obtenção da espessura de projeto e sua conformação adequada, deve ser obtida a partir da criteriosa observação no Segmento Experimental;
- e) a espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,10 m, no mínimo, a 0,17 m, no máximo. A espessura máxima deve ser tal que não prejudique a uniformidade de mistura e da compactação da camada. Para maiores informações a respeito, reportar-se ao Manual de Execução.

#### 5.3.5.4 Distribuição do cimento

- a) concluído o espalhamento e a conformação do colchão de solo, o cimento deve ser distribuído uniformemente na superfície, em toda a largura de faixa, segundo o teor especificado pela dosagem, por processo manual ou mecânico;
- b) quando se empregar a distribuição em sacos, estes devem ser dispostos de modo a assegurar uniformidade na distribuição. Os sacos são contados, anotados, e em seguida distribuídos com rodos de madeira. Quando se utilizar a distribuição a granel, por processo mecânico, o equipamento deve ser aferido e aprovado pela Fiscalização. É sempre preferível a distribuição mecânica do cimento;
- c) imediatamente após a distribuição do cimento, é procedida a mistura deste com o solo, pela ação da recicladora, que simultaneamente promove a devida pulverização, umidificação e homogeneização;
- d) o grau de pulverização especificado é de, no mínimo, 70% para solo tratado com cimento, e 80% para solo-cimento. Comentários a respeito integram o Manual de Execução;
- a) concluída a mistura, o teor de umidade deve estar compreendido na faixa de -0,5 a +1,5%, em relação à umidade ótima indicada pelo ensaio de compactação, com a energia adotada em projeto;

#### 5.3.5.5 Conformação, compactação e acabamento

- a) encerrada a fase de mistura, com emprego da motoniveladora é feita a conformação da camada em obediência à seção de projeto;
- b) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da conformação;
- c) normalmente, a compactação de solos arenosos ou pouco argilosos é feita com o emprego de rolos vibratórios corrugados e rolos pneumáticos de pressão regulável. Já a compactação de solos com fração argila mais significativa, deve ser iniciada com o emprego de rolos pé-de-carneiro e concluída com rolos vibratórios corrugados e de pneumáticos de pressão regulável;
- d) a compressão é executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
- e) em cada passada, o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, metade da faixa anteriormente coberta;
- f) após a conclusão da compactação, é feito o acerto 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 camada é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas. A respeito do assunto, reportar-se ao Manual de Execução;
- g) a compactação e o acabamento finais são 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 (normal ou intermediária);
- i) o tempo decorrido entre o início da compactação e o acabamento final da camada não deve exceder a duas horas;
- j) eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão;
- k) em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

#### 5.3.5.6 Juntas de construção

- a) as juntas de construção transversais devem ser executadas de acordo com procedimentos que assegurem a sua eficiência e bom acabamento. Sugestões a respeito do assunto integram o Manual de Execução;

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

#### 5.3.5.7 Proteção e cura

- a) a camada acabada é submetida de imediato a processo de cura, devendo para este fim ser protegida contra a perda rápida de umidade, por período de, no mínimo, sete dias;
- b) o processo de cura consiste da aplicação de pintura asfáltica, com emulsão diluída em água;
- c) antes da aplicação, a superfície deve ser perfeitamente limpa, mediante emprego de processos e equipamentos adequados. Se necessário, para assegurar a adequada limpeza, a Fiscalização pode exigir o emprego de jatos de ar comprimido;
- d) previamente à aplicação da pintura de cura, a camada deve estar adequadamente umedecida;
- e) a razão de diluição e a taxa de aplicação do ligante devem ser definidas na obra, na ocasião do Segmento Experimental, objetivando-se a formação de uma película impermeável e homogênea;
- f) o emprego de processos de cura alternativos, de comprovada eficiência, pode ser admitido, a critério da Fiscalização. Detalhes a respeito integram o Manual de Execução.

#### 5.3.5.8 Liberação ao tráfego

- a) não é permitido o tráfego diretamente sobre os trechos recém-concluídos;
- b) o tráfego é permitido desde que a superfície tenha endurecido suficientemente, de modo a evitar estragos, o que normalmente ocorre depois de decorridos sete dias;
- c) no caso de travessias e acessos, deve ser aplicada uma proteção com camada de solo com, pelo menos, 0,15 m de espessura.

#### 5.3.6 Mistura em usina:

##### 5.3.6.1 Preparo da superfície

- a) devem ser atendidas as recomendações constantes do subitem 5.3.6.1 desta especificação.

##### 5.3.6.2 Extração dos materiais na jazida

- b) devem ser atendidas as recomendações constantes do subitem 5.3.6.2 desta especificação.

#### 5.3.6.3 Produção da mistura

- a) os materiais que integram a mistura são acumulados nos silos da usina, devendo ser previsto o eficiente abastecimento, de modo a evitar a interrupção da produção;
- b) a usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura dos materiais;
- c) o grau de pulverização exigido é de 70%, no mínimo, para solo tratado com cimento, e de 80%, no mínimo, para solo-cimento;
- d) a mistura deve sair da usina perfeitamente homogeneizada, com teor de umidade ligeiramente acima da umidade ótima, de forma a fazer frente às perdas no decorrer das operações construtivas subsequentes.

#### 5.3.6.4 Transporte da mistura

- a) o transporte da mistura, da usina para a pista, deve ser feito em caminhões basculantes;
- b) não é 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 é permitido o transporte da mistura para a pista, quando o subleito ou a camada subjacente estiverem molhados, não sendo capazes de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento.

#### 5.3.6.5 Distribuição da mistura

- a) a distribuição da mistura, sobre a camada anterior previamente liberada pela Fiscalização, deve ser realizada com distribuidor de agregados, capaz de distribuir o material em espessura uniforme, sem produzir segregação;
- b) opcionalmente, em função das características da mistura e com a autorização da Fiscalização, a distribuição pode ser procedida pela ação de motoniveladora. Neste caso, a mistura é 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 compressão, resulte a espessura de projeto;
- d) é vedado o uso, no espalhamento, de equipamentos ou processos que causem segregação do material;

- e) a espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,01 m, no mínimo, a 0,17 m, no máximo. A espessura máxima deve ser tal que não prejudique a uniformidade na compactação da camada. Este assunto é abordado no Manual de Execução.

#### 5.3.6.6 Compactação e acabamento

- a) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término da mistura;
- b) o segmento experimental é utilizado para definir o padrão necessário à obtenção do grau de compactação desejado;
- c) normalmente, a compactação de solos arenosos ou pouco argilosos é feita com o emprego de rolos vibratórios corrugados e rolos pneumáticos de pressão regulável. Já a compactação de solos com fração argila mais significativa, deve ser iniciada com o emprego de rolos pé-de-carneiro e concluída com rolos vibratórios corrugados e de pneumáticos de pressão regulável;
- d) o teor de umidade da mistura no início da compactação, deve situar-se na faixa de - 0,5% a +1,5%, em relação à umidade ótima adotada como referência;
- e) a compressão é executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
- f) em cada passada, o equipamento deve propiciar cobertura de, no mínimo, metade da faixa anteriormente coberta;
- g) após a conclusão da compactação, é feito o acerto 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 camada é comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas. A respeito do assunto, reportar-se ao Manual de Execução;
- h) a compactação e o acabamento finais são obtidos com o emprego de rolo de pneumáticos de pressão regulável;
- i) o grau de compactação deve ser de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, adotada como referência na dosagem da mistura (normal ou intermediária);
- j) o tempo decorrido entre o início da compactação e o acabamento final da camada não deve exceder a três horas;
- k) eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem em variações direcionais prejudiciais, devem se processar fora da área de compressão;
- l) em lugares inacessíveis ao equipamento de compressão, ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida é feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

#### 5.3.6.7 Juntas de construção

- a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.6.8 desta especificação.

#### 5.3.6.8 Proteção e cura

- a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.6.9 desta especificação.

#### 5.3.6.9 Liberação ao tráfego

- a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.6.10 desta especificação.

### **6. MANEJO AMBIENTAL**

6.1 Para execução de solo-cimento e solo tratado com cimento, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de cimento e solos.

6.2 Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a exploração de jazidas e a execução de trabalhos na pista.

6.3 Exploração de jazidas de solos e usinagem (se prevista)

6.3.1 No decorrer do processo de obtenção de solos nas jazidas devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) a exploração da (s) jazida (s) somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) exigir a documentação atestando a regularidade das instalações da jazida e usina (se prevista no processo executivo), assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da jazida e usina em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da jazida de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- e) tomar todas as precauções para que o manuseio e armazenamento do cimento sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários.
- f) impedir queimadas como forma de desmatamento;

- g) construir junto à jazida/usina bacias de retenção e sistemas de drenagem, evitando o carreamento da parte fina dos solos para cursos d'água.

#### 6.4 Execução na pista

6.4.1 Os cuidados para a preservação ambiental se referem à disciplina do tráfego, ao estacionamento dos equipamentos e ao manuseio do cimento (se prevista a mistura na pista).

6.4.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências à drenagem natural.

6.4.3 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 os cursos d'água.

6.4.4 No caso de execução pelo processo de mistura na pista, tomar todas as precauções para que o manuseio do cimento e sua incorporação sejam feitos de forma correta, evitando danos ao meio-ambiente, aos envolvidos na obra e aos usuários.

### 7 CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta Especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução se referem às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, ser ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 O controle interno de qualidade consta, no mínimo, dos ensaios relacionados nos Quadros 1 a 3, para mistura na pista, e 4 a 6, para mistura em usina, a seguir apresentados:

#### 7.3.1 Mistura na pista

| Quadro 1 - Cimento Portland                                                                           |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Quantidade                                                                                            | Descrição                   |
| <b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b> |                             |
| 01                                                                                                    | Ensaio de finura do cimento |

| Quadro 2 - Solos                                                                                      |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Quantidade                                                                                            | Descrição               |
| <b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b> |                         |
| 1                                                                                                     | Ensaio de granulometria |

| Quadro 3 – Controle de execução na pista (continua...)                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quantidade                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Descrição do ensaio                                                                                                                    |
| <b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                        |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Determinação do grau de pulverização, após adição do cimento (ver Manual de Execução)                                                  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação                                                                    |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Determinação da massa específica aparente seca “in situ”, após compactação                                                             |
| <b>Para cada 100 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:</b>                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                        |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Determinação da espessura da camada de mistura solta, com o cimento incorporado, imediatamente antes da compactação                    |
| <b>Para cada 300 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                        |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação              |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura aplicado                                                            |
| <b>Para cada 1000 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez a cada 2 dias trabalhados:</b>                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                        |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Determinação do teor de cimento (método de titulação, descrito na Manual de Execução), para o caso de distribuição do cimento a granel |
| Nota: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada. Medir as deflexões após 28 dias de cura. |                                                                                                                                        |

### 7.3.2 Mistura em usina

| Quadro 4 - Cimento Portland                                                                           |                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Quantidade                                                                                            | Descrição                   |
| <b>Para cada 400 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b> |                             |
| 01                                                                                                    | Ensaio de finura do cimento |

| Quadro 5 - Solos                                                                                            |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Quantidade                                                                                                  | Descrição               |
| <b>Para cada 400 m<sup>3</sup> de mistura a ser aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b> |                         |
| 1                                                                                                           | Ensaio de granulometria |

| Quadro 6 – Controle de execução                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quantidade                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Descrição do ensaio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Para cada 500 m<sup>3</sup> de mistura e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado (na usina):</b>                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Determinação do teor de umidade da mistura, na saída do misturador                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Para cada 500 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado</b>                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Determinação da massa específica aparente seca “in situ”, após compactação                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Para cada 100 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado:</b>                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Determinação da espessura da camada de mistura solta, imediatamente antes da compactação                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Para cada 1000 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Controle dos tempos despendidos para a execução das seguintes atividades: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mistura com cimento: tempo total decorrido desde incorporação do cimento à mistura na central até o início da compactação.</li> <li>• compactação e acabamento: tempo decorrido desde o início da compactação até o final das operações de acabamento.</li> </ul> |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura aplicado                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Para cada 1000 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado:</b>                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Determinação do teor de cimento (método de titulação, descrito na Manual de Execução)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Para cada 3.000 m<sup>3</sup> de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por semana trabalhada</b>                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Aferição racional da usina                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Nota: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

## 8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.

8.3 Compete exclusivamente ao DER/PR efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:

8.3.1 Espessura da camada: deve ser medida a espessura, no máximo a cada 100 m, pelo nivelamento do eixo e dos bordos.

8.3.2 Alinhamentos: a verificação dos alinhamentos do eixo e bordos, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena.

8.4 Verificação da proteção à cura e acabamento

- a) cabe à Fiscalização a avaliação sistemática da eficiência do processo de proteção à cura, com base em inspeção visual, para averiguação das condições de umedecimento da superfície e manutenção da integridade da pintura de cura;
- b) as condições de acabamento da superfície são apreciadas pela Fiscalização, em bases visuais, exigindo-se maior rigor em função da posição relativa da camada na estrutura (base ou sub-base).

## **9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO**

9.1 Aceitação dos materiais

9.1.1 O cimento utilizado é aceito desde que obedeça ao especificado na correspondente especificação da ABNT e apresente índice de finura satisfatório.

9.1.2 Os solos utilizados são aceitos desde que se apresentem satisfatórios face às exigências desta especificação, em termos de trabalhabilidade, isenção de partículas moles, matéria orgânica ou impurezas nocivas, atendendo ainda aos requisitos previstos para granulometria, para amostras individuais.

9.2 Aceitação da execução

9.2.1 Os valores individuais dos graus de pulverização obtidos devem atender ao especificado para o tipo de mistura empregado.

9.2.2 Os tempos máximos especificados para cada etapa executiva não devem ser ultrapassados.

9.2.3 Compressão: os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no item 9.4.1, devem ser iguais ou superiores a 100% para solo-cimento e 97% para solo tratado com cimento.

9.2.4 O teor de cimento da mistura aplicada deve situar-se, para cada segmento executado, na faixa de  $\pm 0,5\%$  em relação ao valor de projeto. A média aritmética obtida não deve, no entanto, ser inferior ao teor de projeto.

9.2.5 A resistência à compressão simples, aos sete dias de idade, seja no mínimo igual à adotada no projeto de mistura, para valores determinados estatisticamente.

9.2.6 A eficiência do processo de proteção de cura, avaliada visualmente pela Fiscalização, deve ser considerada satisfatória.

9.2.7 As medidas de deflexão sejam inferiores à deflexão máxima admissível de projeto, para o tipo da camada.

### 9.3 Aceitação do controle geométrico

9.3.1 Os serviços executados são aceitos, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) a largura da plataforma não deve ser menor do que a prevista para a camada;
- b) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = X - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

onde:

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

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

- a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,01 m;
- não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo  $\pm 0,02$  m em relação à espessura de projeto;
- em caso de aceitação, dentro das tolerâncias estabelecidas, de uma camada de solo-cimento ou de solo tratado com cimento com espessura média inferior à de projeto, a diferença é compensada estruturalmente na (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).
- em caso de aceitação de camada de solo-cimento ou de solo tratado com cimento, dentro das tolerâncias estabelecidas, com espessura superior à de projeto, a diferença não é deduzida da (s) espessura (s) da (s) camada (s) a ser (em) superposta (s).
- as condições de acabamento, apreciadas pelo DER/PR em bases visuais, devem ser julgadas satisfatórias.

### 9.4 Condições de conformidade e não conformidade

9.4.1 Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos:

- a) Quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$  ou  $X + ks > \text{valor máximo de projeto}$ : não conformidade;  
 $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$  e  $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$ : conformidade;

Sendo:

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

Onde:

$x_i$  – valores individuais;  
 $X$  – média da amostra;  
 $s$  – desvio padrão;  
 $k$  – adotado o valor 1,25;  
 $n$  – número de determinações, no mínimo 9.

- b) Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se  $X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ : não conformidade;  
 Se  $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ : conformidade.

- c) Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se  $X + ks > \text{valor máximo especificado}$ : não conformidade;  
 Se  $X + ks \leq \text{valor máximo especificado}$ : conformidade.

9.4.2 Os serviços só são aceitos se atenderem às prescrições desta especificação.

9.4.3 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.4.4 Qualquer serviço só é aceito se as correções executadas colocarem-no em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

## 10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 O serviço de solo-cimento ou solo tratado com cimento, executado e recebido na forma descrita, é medido pela determinação do volume de mistura aplicada e compactada, expresso em metros cúbicos, fazendo-se distinção em relação ao processo de execução (mistura na pista ou em usina), aos teores aplicados e à energia de compactação empregada. Considera-se o talude das camadas tratadas com cimento equivalente a 1:1,5, para fins de cálculo da largura média de projeto.

10.2 No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média  $X$  calculada como indicado anteriormente, limitada à espessura de projeto.

## **11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO**

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.

11.3 O preço unitário está sujeito a nova composição, baseada no teor de cimento empregado.