



Código
ET-ECS.000.000-PAV/21

REV.
03

Emissão
14/08/2026

Folha
1/21



Resp. Técnico / Elaborador:
Eng. Reginaldo Jesus/ Eng. Renzo Silva

Nº CREA:
SP-5070904250/ 506983053

Rodovia:
Geral

Verificador:
Eng. Douglas Mocelin

Trecho:
Geral

Aprovador:
Eng. Cláudio Renato Dias

Objeto:
PAVIMENTAÇÃO - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA BASE E SUB-BASE DE SOLO-CIMENTO

Documentos de Referência:

- ET-DE-P00-004 – SUB-BASE OU BASE DE SOLO-CIMENTO - DER/SP

Cópia não controlada

Descrição das Revisões:

Rev. 03 – Atualizado Referencias em todo documento; revisado item 7.3 em relação as resistências e incluído tabela resumo dos ensaios e controles (item 8.2).

Rev. 02 – Adequado Controle de Qualidade conforme plano de auditoria; adequado Condições de Conformidade e Não Conformidade conforme DER/PR ES-P 11/18 – Pavimentação: Solo-Cimento e Solo Tratado com Cimento.

Rev. 01 – Revisado documento incluindo parâmetros conforme norma DER/PR ES-P 11/18 – Pavimentação: Solo-Cimento e Solo Tratado com Cimento.

Observação:

03	14/08/2026	Eng. Reginaldo Jesus Eng. Renzo Silva	SP-5070904250 506983053	Eng. Douglas Mocelin	Eng. Claudio Renato Dias
02	21/12/2021	Engª. Cecília Merighi	SP-5063195955	Eng. Paulo Rosa Machado Filho	Eng. Filippo Chiariello
01	23/04/2019	Engª. Cecília Merighi	SP-5063195955	Eng. Paulo Rosa Machado Filho	Eng. Filippo Chiariello
Rev.	Data	Resp. Técnico/ Elaborador	Nº. CREA	Verificador	Aprovador

1 OBJETIVO

Esta especificação tem por objetivo estabelecer a sistemática a ser empregada na execução das camadas de sub-base ou base, quando empregado solo-cimento.

2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta especificação. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) ABNT NBR 11579: Cimento Portland - Determinação da finura por meio da peneira de 75 micrômetros (Nº 200);
- b) ABNT NBR 12023: Solo-Cimento – Ensaio de Compactação;
- c) ABNT NBR 12024: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos – Procedimento;
- d) ABNT NBR 12025: Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio;
- e) ABNT NBR 15900-1: Água para amassamento do concreto - Parte 1: Requisitos;
- f) ABNT NBR 16097: Solo — determinação do teor de umidade — métodos expeditos de ensaio;
- g) ABNT NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos;
- h) ABNT NBR 6459: Solos – Determinação do limite de liquidez;
- i) ABNT NBR 7180: Solos – Determinação do limite de plasticidade;
- j) ABNT NBR 7181: Solos – Análise granulométrica;
- k) ABNT NBR 7185: Solos — Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego de frasco de areia;
- l) ABNT NBR 7222: Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos;
- m) DER-SP – ME-DE-P00/006: Método classificação de solos tropicais segundo a metodologia MCT – Método de ensaio;
- n) DNER PRO 273/96 - Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer – FWD”;
- o) DNER-EM 036/95: Cimento Portland - Recebimento e aceitação – Especificação de material;

- p) DNIT 133 – ME: Pavimentação - Determinação das deflexões pela Viga Benkelman - Método de ensaio;
- q) DNIT 259 – CLA: Solos – Classificação de solos finos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos de prova compactados em equipamento miniatura – Classificação;
- r) DNIT 456 – ME: Determinação do teor de umidade de solos e agregados – métodos expeditos e de laboratório – Método de ensaio;
- s) DNIT 458 – ME: Solos – Determinação da massa específica aparente in situ com emprego do frasco de areia – Método de ensaio;
- t) DNIT 459 – ME: Solos – Análise granulométrica – Método de ensaio.

3 DEFINIÇÃO

A sub-base e base de solo-cimento é o produto endurecido resultante da cura úmida da mistura homogênea compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas em projeto e determinadas por ensaios prévios de laboratório por dosagem experimental.

4 MATERIAIS

4.1 Cimento

O cimento empregado deve atender a especificação de material DNER-EM 036/95, para recebimento e aceitação do material, e a norma ABNT NBR 16697 para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.

4.2 Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matéria orgânica ou outras substâncias prejudiciais. Deve atender aos requisitos estabelecidos pela norma ABNT NBR 15900-1.

4.3 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 (DER-SP ME-DE-P00-006 e DNIT 259 - CLA), priorizando os dois primeiros grupos, devendo apresentar as seguintes características:

- a) limite de liquidez menor que 40%, determinado conforme ABNT NBR 6459;

- b) índice de plasticidade menor que 18% (ABNT NBR 7180);
- c) a curva granulométrica do material deve enquadrar-se nas faixas da Tabela 1;
- d) 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;
- e) não deve conter matéria orgânica e outras impurezas nocivas.

Tabela 1 – Faixa Granulométrica do Solo

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerância
ASTM	mm		
3"	76	100	-
N° 4	4,8	50 – 100	± 5%
N° 40	0,42	15 – 100	± 2%
N° 200	0,075	5 – 35	± 2%

O solo que contiver mais de 35% de material passando na peneira de abertura 0,075mm, para utilização na sub-base ou base de solo-cimento, deve atender, aos seguintes requisitos:

Índice de suporte Califórnia na umidade ótima e na energia intermediária:	≥ 20%
Expansão na umidade ótima e na energia intermediária:	≤ 0,25%
Classificação MCT método da pastilha:	- NA com penetração ≤ 2mm - LA - LA-LA' - LA' - LA'-LG' - LG'

4.4 Mistura Solo-Cimento

A mistura de solo-cimento deve ser dosada conforme os critérios estabelecidos em projeto, onde a porcentagem de cimento a ser incorporada ao solo deve sempre ser determinada em relação a massa total da mistura de solo + cimento.

a) Teor de Cimento

Define-se teor de cimento em massa, a relação entre a massa de cimento a ser aplicada e a massa de solo seco, multiplicado por 100.

b) Aditivos

A executante pode, a seu ônus e se autorizado pela fiscalização, utilizar aditivos plastificantes ou retardadores de pega. A utilização de aditivos não deve acarretar diminuição da resistência do solo-cimento.

5 EQUIPAMENTOS

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

5.1 Mistura Processada na Pista

- a) motoniveladora;
- b) pulvimisturadoras;
- c) trator agrícola com arados e grade de discos;
- d) caminhão tanque irrigador de água com, no mínimo, 6.000 litros de capacidade, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme;
- e) rompedores, uso eventual;
- f) rolos compactadores tipos: pé de carneiro, liso, vibratório, estático e pneumático de pressão variável;
- g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento;
- h) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- i) pequenas ferramentas, tais como: pás, enxadas, garfos, rastelos etc.
- j) Recicladora: Se utilizado poderá ser desnecessário o uso dos itens b e c.

5.2 Mistura Processada na Usina

- a) caminhões basculantes;
- b) motoniveladora equipada com escarificador;
- c) caminhão tanque irrigador de água com, no mínimo, 6.000 litros de capacidade, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme;
- d) pá carregadeira;
- e) rompedores, eventuais;
- f) rolos compactadores tipos: pé de carneiro, liso, vibratório, estático e pneumático de pressão variável;
- g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 m e outra de 3,00 m de comprimento;
- h) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- i) pequenas ferramentas, tais como: pás, enxadas, garfos, rastelos etc.;
- j) distribuidores de solo, capazes de produzir camadas uniformes nas espessuras definidas no projeto e com adensamento;
- k) usina de misturas de solos, para volume de solo-cimento superior a 25.000 m³.

As centrais de usina devem ser constituídas de:

- silos: para cimento e solo, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura;
- correia transportadora: que transportem os solos e o cimento, 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 aspergir a água, após a homogeneização da mistura seca, deixando-a no teor de umidade 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.

6 EXECUÇÃO

6.1 Condições Gerais

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

A camada de sub-base e base de solo-cimento só deve 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-cimento.

Durante todo o tempo que durar a execução da sub-base ou base de solo-cimento, 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.

6.2 Produção da Mistura

6.2.1 Mistura Processada em Usina

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

Os solos empregados na mistura devem sofrer processo de pulverização até que se obtenha grau de pulverização, do material miúdo, de no mínimo 80%.

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

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.

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

O limite de tempo entre adição de cimento e água e o final da compactação será no máximo 3 horas.

Não é permitida a estocagem do material usinado.

6.2.2 Mistura Processada na Pista

No caso de utilização de material do próprio subleito ou material importado e já descarregado e espalhado na pista, o processamento da mistura na pista deve obedecer às seguintes fases da execução:

6.2.2.1 Mistura executada com Pulvimisturadora e Motoniveladora

Preparo da faixa:

Antes de iniciar o preparo da faixa, a drenagem deve estar concluída.

Todo material impróprio deve ser removido ou substituído e a faixa deve estar nivelada e preparado, de modo a atender ao projeto.

Pulverização e homogeneização do solo:

Durante a fase de pulverização, deve-se manter o colchão de solo solto dentro da espessura prevista no projeto, com emprego do escarificador da motoniveladora.

No processo de pulverização e homogeneização exige-se que no mínimo, 80% em massa do material miúdo sejam reduzidos a partículas de diâmetro inferior a 4,8 mm.

A pulverização deve ser executada com pulvimisturadora; quando não for possível a sua utilização desde o início das operações, a pulverização deve ser iniciada com motoniveladora, grades de disco e arados, mas deve sempre ser concluída com pulvimisturadora.

Salvo determinação da fiscalização, a extensão da faixa escarificada e pulverizada não deve exceder à que possa ser tratada com cimento em 2 dias de trabalho.

6.2.2.2 Mistura executada com Recicladora *In Situ*

Preparo da faixa:

Antes de iniciar o preparo da faixa, a drenagem deve estar concluída.

Todo material impróprio deve ser removido ou substituído e a faixa deve estar nivelada e preparado, de modo a atender ao projeto.

Distribuição do cimento

Após a pulverização e regularização do 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.

Quando a distribuição a granel for realizada por processo mecânico, as espalhadoras de cimento devem operar em velocidade regular e reduzida obtendo vazão de espalhamento constante e uniforme do cimento.

Nenhum equipamento, exceto o usado para o espalhamento e mistura, pode trafegar sobre o cimento espalhado antes de ser misturado ao solo.

Quando a distribuição for manual, a distribuição dos sacos de cimento na pista deve ser realizada de forma uniforme, equidistantes uns dos outros. O cimento dos sacos deve ser distribuído longitudinalmente e posteriormente espalhado com rodos de madeira.

Antes do espalhamento com rodos de madeira os sacos de cimento devem ser contados e anotados, para conferência do teor de cimento utilizado na mistura.

Mistura do Cimento, Umedecimento e Homogeneização

Imediatamente após a distribuição do cimento, a mistura com solo deve ser executada em toda a espessura da camada pela ação da pulvimisturadora ou recicladora. A mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário de modo assegurar uma mistura completa, uniforme e íntima do solo com o cimento, até que se obtenha uma tonalidade uniforme em toda a espessura.

Após concluída a mistura e homogeneização do material, deve-se proceder ao umedecimento da camada. A adição de água deve ser feita progressivamente, não sendo aconselhável que, em cada passada do carro-tanque, o teor de umidade do solo aumente mais que um ponto percentual. A cada aplicação de água, devem-se seguir operações de revolvimento para evitar o acúmulo desta na superfície.

A incorporação de água à mistura deve ser executada sem interrupção de forma que o teor de umidade fique compreendido entre -2,0% a +1,0%, da umidade ótima de compactação, determinado conforme ABNT NBR 12023.

O limite de tempo entre adição de cimento e água e o final da compactação será no máximo 3 horas.

6.3 Espalhamento

A mistura de solo-cimento deve ser adequadamente espalhada e conformada, de forma que a espessura solta seja suficiente para que se obtenha a espessura da camada acabada

definida em projeto, nunca inferior a 10 cm e no máximo 20 cm. As sub-bases ou bases de espessuras superiores a 20 cm devem ser executadas em mais de uma camada.

A mistura processada em usina deve ser espalhada com o distribuidor de solos, capaz de distribuir a mistura de solo-cimento em espessura uniforme, sem produzir segregação e de forma a evitar conformação adicional da camada, e que ao final das operações de compactação resulte na espessura definida em projeto.

A mistura processada na pista deve ser espalhada e conformada com a motoniveladora.

6.4 Compactação

Na fase inicial da obra, devem ser executados segmentos experimentais, com formas diferenciadas de execução, na sequência operacional de utilização dos equipamentos 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, além do respectivo tempo gasto para finalização das operações.

Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação do material ou do equipamento empregado.

O teor de umidade do solo-cimento imediatamente antes do início das operações de compactação, deve estar compreendido no intervalo $-2,0\%$ à $+1,0\%$ da umidade ótima de compactação.

A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos deve ser feita, de preferência, com o emprego de rolos vibratórios corrugados e rolos pneumáticos de pressão variável, que assegurem a obtenção do grau de compactação exigido nesta especificação.

A compactação de solos argilosos deve ser iniciada com o emprego de rolos pé de carneiro e terminada com rolos vibratórios corrugados e lisos ou, de preferência, com rolos pneumáticos de pressão regulável.

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 trechos em tangente.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da camada em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha do eixo. Nos locais inacessíveis aos rolos compactadores, como cabeceiras de obra de arte etc., a compactação deve ser executada com compactadores portáteis, manuais ou mecânicos.

As operações de compactação devem prosseguir até que se atinja o grau de compactação de 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida na energia intermediária ou a especificada em projeto, obtida conforme ABNT NBR 12023.

Ao final das operações de compactação, se necessário a camada pode ser levemente umedecida de forma que a umidade seja mantida na umidade ótima ou ligeiramente próximo a desta.

O limite de tempo entre adição de cimento e água e o final da compactação será no máximo 3 horas.

6.5 Acabamento

Após a conclusão da compactação, deve ser feito o acerto final da superfície com motoniveladora, somente em operações de corte, complementado em seguida por algumas passadas com rolos pneumáticos de pressão variável.

6.6 Juntas de Construção

Ao fim de cada jornada de trabalho, ou em caso de interrupção dos serviços, deve ser executada uma junta transversal de construção, mediante corte vertical da camada, podendo ser utilizado rompedores, ferramentas manuais ou lâmina da motoniveladora.

As juntas transversais de construção não devem coincidir entre dois panos de serviços adjacentes.

A face da junta deve ser umedecida antes da colocação da camada subsequente.

As juntas transversais não devem coincidir com os locais de juntas da camada subjacente anteriormente executada.

Juntas de construção longitudinais devem ser evitadas, executando-se a camada em toda a largura da pista, em uma única etapa.

Nas juntas geradas nos pontos de início e fim da execução da camada, a compactação deve ser executada transversalmente ao eixo da pista.

6.7 Cura

Todo o trecho, logo após a sua execução de acordo com esta especificação, deve ser submetido a um processo de cura, devendo ser protegido contra a perda rápida de umidade, por pelo menos sete dias. A pintura de cura deve ser constituída com Emulsão Asfáltica para Imprimação.

A emulsão asfáltica deve ser aplicada com caminhão espargidor à razão de no mínimo 0,6 l/m² ou de acordo com a taxa fixada em trecho experimental. Sua aplicação deve ser executada sobre a superfície limpa com jato de ar comprimido, e suficientemente umedecida. O material deve ser aspergido, em uma única aplicação e na temperatura adequada.

6.8 Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base de solo-cimento não deve ser liberada à ação do tráfego. A fiscalização pode, em caráter excepcional, autorizar a abertura ao tráfego desde que a camada apresente na ocasião resistência compatível com a solicitação de carga e que a imprimação esteja completamente rompida e curada.

7 CONTROLE

7.1 Controle dos Materiais

7.1.1 Cimento

Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste que:

- a) atende o preconizado na norma de recebimento e aceitação, conforme DNER-EM 036/95;
- b) atende a norma ABNT NBR 16697 para os requisitos de todos os tipos de cimento Portland.
- c) realizar um ensaio de finura, conforme a norma ABNT NBR 11579, a cada carregamento que chegar na obra., ou sempre que houver dúvidas sobre a sanidade do cimento.

7.1.2 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade, conforme a norma ABNT NBR 15900-1.

7.1.3 Solo

Devem ser executados os ensaios abaixo discriminados, com materiais coletados na pista ou na jazida. Os lotes para coleta de material deverão corresponder a 1 ensaio a cada 300 m de faixa.

- a) análise granulometria do solo, de acordo com ABNT NBR 7181 ou DNIT 459 - ME;
- b) limite de liquidez, conforme ABNT NBR 6459;
- c) limite de plasticidade, conforme ABNT NBR 7180;
- d) Classificação do solo de acordo com a metodologia MCT, conforme a norma DER-SP ME-DE-P00-006 ou DNIT 259 - CLA.

7.2 Controle da Produção do Solo-Cimento

7.2.1 Mistura Processada na Pista

Antes da aplicação do cimento, determinar o grau de pulverização do solo por meio de peneiramento do material com peneira de abertura 4,8 mm, para lotes de materiais que correspondam a cada 100 m de faixa.

Determinar o teor de cimento:

- a) se a distribuição do cimento for realizada por processo mecânico, uma determinação a cada 100 m de faixa, por intermédio de pesagens;
- b) se a distribuição do cimento for manual efetuar contagem do número de sacos de cimento consumidos, e comparar com o estabelecido no projeto de dosagem da mistura, para subtrecho em execução.

O limite de tempo entre adição de cimento e água e o final da compactação será no máximo 3 horas.

7.2.2 Mistura Processada na Usina

Determinar o teor de cimento através da razão entre a diferença de massas da mistura com cimento e sem adição de cimento, pela massa da mistura com adição de cimento, multiplicado por 100. Realizar uma determinação por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver indícios de falta de cimento. As coletas de material, com e sem adição de cimento, são realizadas numa mesma extensão de correia L da correia transportadora em intervalos de tempo iguais de descarga do material sobre a correia.

O limite de tempo entre adição de cimento e água e o final da compactação será no máximo 3 horas.

7.3 Controle da Execução

O controle da execução da camada deve ser realizado pelos seguintes procedimentos:

- a) determinação do teor de umidade, através do método expedito da frigideira, de acordo com ABNT NBR 16097 ou DNIT 456 - ME, imediatamente antes da compactação, 1 determinação a cada 100 m de faixa, ou quantas vezes forem necessárias; se o teor de umidade deve estar
- b) compreendido no intervalo de -2,0% a + 1,0% da umidade ótima, o material pode ser liberado para compactação;
- c) determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, conforme ABNT NBR 12023, na energia intermediária, em amostras coletadas na pista; 1 ensaio a cada 100 m de faixa;
- d) moldagem de corpos cilíndricos com material retirado na pista imediatamente antes da compactação, conforme a norma ABNT NBR 12024, para a determinação das resistências à compressão simples (ABNT NBR 12025) e resistência à tração na compressão diametral (ABNT NBR 7222) aos 7 e 28 dias de cura, a cada 100 m de faixa;

A resistência a tração por compressão diametral será o critério a ser utilizado para liberação das camadas, uma vez que este parâmetro é um dos critérios de dimensionamento da estrutura, e a resistência a compressão simples será utilizada para acompanhamento do comportamento a compressão da camada.

Caso não haja especificação para resistência à compressão simples deverá ser adotado 2,1 MPa aos 7 dias. O valor da resistência à compressão referido é um valor de referência, devendo-se obter na dosagem um valor médio que conduza àquele resultado durante a fase de execução, tendo em vista a dispersão encontrada.

- a) determinação, após o término da compactação, do teor de umidade e massa específica aparente seca in situ, de acordo com ABNT NBR 7185 ou DNIT 458 – ME, utilizando o funil com diâmetro de 15,2 cm, e o respectivo grau de compactação, em relação os valores obtidos na alínea b, em amostras retiradas na profundidade de no mínimo 75% da espessura da camada; 1 determinação a cada 100m de faixa compactada;
- b) o limite de tempo entre adição de cimento e água e o final da compactação será no máximo

3 horas.

- c) devem ser registrados os locais de aplicação da mistura, sempre associados às datas de produção e com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

7.4 Controle Geométrico e de Acabamento

7.4.1 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.

7.4.2 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.

7.4.3 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.

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.

7.5 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D0) da camada, após sete dias de cura, a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga Benkelman conforme a norma DNIT 133 - ME, ou Falling Weight Deflectometer (FWD) de acordo com a norma DNER-PRO 273/96.

8 ACEITAÇÃO

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

8.1 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.

8.2 Tabela Resumo dos Ensaio e Controles

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 SOLO				
Limite de liquidez	ABNT NBR 6459	1 ensaio a cada 300 m de faixa	Individual	LL < 40%
Limite plasticidade	ABNT NBR 7180		Individual	IP < 18%
Análise granulométrica	ABNT NBR 7181 DNIT 459 - ME		Controle Bilateral no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Conforme projeto
Classificação MCT	DNIT 259 - CLA		Individual	Parâmetro de Controle
1.2 CIMENTO				
Cimento Portland – qualquer tipo, realizar módulo de finura	ABNT NBR 11579	1 ensaio cada carregamento que chegar na obra	Individual	Atender DNER-EM 036/95 e ABNT NBR 16697 Módulo de finura satisfatório
1.3 ÁGUA				
Qualidade da água	ABNT NBR 15900-1	Sempre que houver dúvida sobre a sua sanidade	Individual	Ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, matéria orgânica ou outras substâncias nocivas

2 CONTROLE PRODUÇÃO DA MISTURA SOLO-CIMENTO (Processada na Pista)

Grau de pulverização do solo (Antes da aplicação de Cimento)	Peneiramento através da peneira de 4,8mm, excluindo o material retido na peneira 9,5mm.	1 ensaio a cada 100m de faixa	Individual	$\geq 80\%$
Teor de cimento	Razão entre a diferença de massas da mistura com e sem adição de cimento pela massa da mistura com adição de cimento	1 ensaio a cada 100m de faixa	Individual	$\pm 0,5\%$ do teor ótimo de cimento da mistura
Verificação do intervalo de tempo entre a incorporação do cimento e o final da compactação	Diferença entre os horários de incorporação do cimento o término da compactação	Máx. 3h até final da compactação	Individual	-

3 CONTROLE PRODUÇÃO DA MISTURA SOLO-CIMENTO (Processada na Usina)

Teor de cimento	Razão entre a diferença de massas da mistura com e sem adição de cimento pela massa da mistura com adição de cimento	1 ensaios por jornada de 8h	Individual	$\pm 0,5\%$ do teor ótimo de cimento da mistura
Verificação do intervalo de tempo entre a incorporação do cimento e o final da compactação	Diferença entre os horários de incorporação do cimento o término da compactação	Máx. 3h até final da compactação	Individual	-

3 CONTROLE DE EXECUÇÃO

Teor de Umidade (método da frigideira)	ABNT NBR 16097 DNIT 456 - ME	1 ensaio a cada 100m de faixa	Individual	- 2% a +1%
Determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima, na energia intermediária	ABNT NBR 12023	1 ensaio a cada 100m de faixa	Individual	Parâmetros de controle
Resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias	ABNT NBR 12025	1 ensaio a cada 100m de faixa	Individual	Conforme projeto

Resistência à tração por compressão diametral aos 7 e 28 dias	ABNT NBR 7222	1 ensaio a cada 100m de faixa	Individual	Conforme projeto
Teor de umidade e Massa Específica Aparente Seca in situ – Frasco de areia e Grau de compactação	ABNT NBR 7185 DNIT 458 - ME	1 ensaio a cada 100m de faixa	Resultados individuais e controle unilateral pelo limite superior	GC $\geq$ 100%
Verificação do intervalo de tempo entre a incorporação do cimento e o final da compactação	Diferença entre os horários de incorporação do cimento o término da compactação	Máx. 3h até final da compactação	Individual	-
Viga Benkelman	DNIT 133 - ME	A cada 20 m por faixa alternada, determinar D0	Resultados individuais e controle unilateral pelo limite superior	Conforme projeto
3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras e cotas	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários	Individual	Projeto
Largura e alinhamentos da plataforma	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20 m	Individual	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	Individual	Projeto

9 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 sub-base ou base de solo-cimento.

9.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

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

- a) para as áreas de apoio os serviços devem ser executados seguindo as normas ambientais vigentes por Órgão rodoviário responsável e pela ECORODOVIAS.
- 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.

9.2 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.

10 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, abrangendo inclusive a 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.

Quaisquer dos materiais utilizados na camada acabada já se encontram incluídos no preço unitário da sub-base ou base de solo-cimento, exceto a pintura de cura da camada.

ANEXO A – CONTROLE ESTATÍSTICO

Tabela A1 – Equações para Controle Estatístico

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

Tabela A2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

N	K	K1	N	K	K1	N	K	K1
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	∞	0,52	0,84