



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

Avenida Iguaçu, 420,
Curitiba, Paraná,
CEP 80230-902
Fone (41) 3304-8000
Fax (41) 3304-8130
www.der.pr.gov.br

DER/PR ES-PA 11/23

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

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor, em 11/04/2023
Deliberação n.º 111/2023
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 11/18
Autor: DER/PR (DT/CPD)

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

18 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-01/23.

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 11/18 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

As normas aqui relacionadas contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem-se em material de consulta, obrigatória, para o entendimento desta especificação particular.

As edições indicadas estavam em vigor no momento da elaboração deste documento. Como toda norma está sujeita a revisão ou substituição, recomenda-se àqueles que utilizarem esta especificação particular, que verifiquem a conveniência de usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir:

ABNT-NBR 5739:2018	- Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos
ABNT-NBR 6118:2021	- Projeto de estruturas de concreto – procedimento
ABNT-NBR 7182:2020	- Solo – ensaio de compactação
ABNT-NBR 12253:2012	- Solo-Cimento – Dosagem para emprego como camada de pavimento
ABNT-NBR 16697:2018	- Cimento Portland comum - Requisitos
CONTRAN 2022	- Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – VOLUME VII – Sinalização Temporária
DER/PR	- Manual de Execução de Serviços Rodoviários
DER/PR	- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias
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
DNIT 164/2013-ME	- Solos – compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNIT 414/2019-ME	- Pavimentação – Solo-Cimento – Dosagem físico-química de solo-cimento
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 IPR 700/1997	- Glossário de Termos Técnicos Rodoviários
DNIT IPR 742/2010	- Manual de Implantação Básica de Rodovia
DNIT 164/2013-ME	- Solo - compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNIT- PRO 011/2004	- Gestão da qualidade em obras rodoviárias
Lei nº 6.514/77 - CLT – Art. 200-	Normas Regulamentadoras – NR da Segurança e da Medicina do Trabalho

3 DEFINIÇÕES

- 3.1 Solo-cimento: Material proveniente da mistura de solo (com ou sem adição de material granular), cimento e água, em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem, de forma que o teor selecionado promova aumento de rigidez no material, melhorando suas características de resistência à tração, deformabilidade elástica, fadiga e durabilidade. Os teores de cimento para a mistura de solo-cimento usualmente estão situados na faixa de 5% a 8%, em massa, em relação à massa total seca da mistura. Pode haver variações neste teor a depender do tipo de solo e de acordo com a definição de projeto.
- 3.2 Solo Tratado com Cimento: É a Camada do Pavimento Asfáltico situada imediatamente abaixo da camada do Revestimento Asfáltico, constituída de uma mistura compactada de solo, cimento e água, cuja incorporação do cimento tem como objetivo a melhoria do solo quanto aos seus limites de consistência, à sua sensibilidade à água e à sua resistência ao cisalhamento, com teores abaixo de 5%.
- 3.3 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 do serviço, conforme Normas Regulamentadoras (NR) do Ministério do Trabalho e Previdência, o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito do CONTRAN, Volume VII – Sinalização Temporária e o que eventualmente esteja especificado no projeto de engenharia e/ou nos Termos de Referência do Edital;
 - c) sem a prévia orientação dos funcionários quanto ao uso adequado, guarda, conservação e higienização dos EPIs, bem como a exigência de seu uso durante as atividades a serem desenvolvidas, conforme previsto nas Normas Regulamentadoras (NR);

- d) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- e) sem a aprovação prévia pela Fiscalização do DER/PR, do projeto de dosagem;
- f) 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-NBR 16697:
 - a.1) cimento Portland comum;
 - a.2) cimento Portland de alto forno;
 - a.3) cimento Portland pozolânico.
- b) o emprego de outros tipos de cimento (cimento Portland de alta resistência inicial), deve ser consultado em outros normativos do DER/PR;
- c) com relação às condições de armazenamento do cimento, observar o disposto nos normativos do DER/PR.

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

Quadro 1 – Característica granulométrica do solo

Característica granulométrica do solo ou mistura de solo e material granular			
Peneiras		Porcentagem (%)	Tolerância (%)
ASTM	mm		
2"	50,80	100	-
Nº 4	4,75	50 a 100	± 5 %
Nº 40	0,425	15 a 100	± 2 %
Nº 200	0,075	5 a 35	± 2 %

- b) o material empregado deve possuir trabalhabilidade adequada à realização das operações de construção da sub-base ou base;
- 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 disposto nos normativos do DER/PR.

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 nos normativos do DER/PR.

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

a) solo tratado com cimento:

- a.1) sub-base: 1,2 a 2,1 Mpa;
- a.2) base: 1,5 a 2,1 MPa.

b) solo-cimento:

- b.1) sub-base ou base: superior a 2,1 MPa.

c) para o caso das misturas solo-cimento também deverá ser avaliada a resistência à tração indireta aos 28 dias de cura, devendo atender aos limites especificados em projeto.

5.1.5.3 Misturas do tipo solo tratado com cimento poderão, complementarmente, ser dosadas em função do índice de suporte Califórnia da mistura.

5.1.5.4 A energia de compactação a adotar será:

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

5.1.5.5 Opcionalmente, em função das características da mistura e do dimensionamento, podem ser empregadas energias diferentes das especificadas.

5.2 Equipamentos

5.2.1 É de responsabilidade da contratada assegurar que todo equipamento alocado para a execução da obra esteja em perfeitas condições de uso, no que tange à sua manutenção, regulação e aspectos de segurança de operação, de maneira a garantir a qualidade do serviço. A qualquer momento a Fiscalização do DER/PR poderá solicitar a substituição do equipamento que não apresente desempenho satisfatório na execução do serviço indicado.

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;
- f) rolos compactadores tipo vibratórios corrugados e tipo vibratório liso;
- 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 (usina de solo), 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;
- g) rolos compactadores tipo vibratórios corrugados e tipo vibratório liso;
- h) rolos compactadores pneumáticos, de pressão regulável;
- i) compactadores portáteis, manuais ou mecânicos;
- j) ferramentas manuais diversas (pás, garfos, enxadas, rastelos e outros).

5.2.4 A utilização de outros equipamentos além dos mencionados, ou em sua substituição, deverá ser analisada e aprovada pela fiscalização, porém não serão objeto de pagamento suplementar.

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 pela Fiscalização do 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 aos limites definidos nesta Especificação, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pela Fiscalização do 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. Após a conformação inicial, a camada deve receber uma compactação leve com rolo corrugado seguida de uma nova conformação do greide com motoniveladora. O objetivo é se obter uma superfície adequada para o deslocamento do caminhão distribuidor do cimento e facilitar o controle da espessura final da camada de solo cimento evitando-se a uma posterior necessidade de complementação de material para se atingir o greide de projeto;
- 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 0,15 m, no mínimo, a 0,25 m, no máximo. A espessura máxima deve ser tal que não prejudique a uniformidade de mistura e da compactação da camada.

5.3.5.4 Distribuição do cimento

- a) concluído o espalhamento e a conformação do colchão de solo, a camada deverá ser compactada, 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) quando se utilizar a distribuição a granel com emprego de caminhão distribuidor de cimento, o equipamento deve ser aferido e aprovado pela Fiscalização. O controle da taxa de aplicação do teor de cimento pode ser realizado através do método da bandeja;
 - d) 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;
 - e) o grau de pulverização especificado é de, no mínimo, 70% para solo tratado com cimento, e 80% para solo-cimento;
 - f) 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 com emprego da motoniveladora em obediência à seção de projeto e cota do greide para esta camada. A conformação final deve ser conseguida sempre com a lâmina da motoniveladora cortando a superfície evitando-se a formação de lentes de complementação de material;
- 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;
- 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 de final de cada jornada de trabalho devem ser executadas de acordo com procedimentos que assegurem a sua eficiência e bom acabamento;
- 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 que o ligante residual forme uma película impermeável homogênea e aderida à camada estabilizada;
- f) o processo de cura consiste da aplicação de emulsão asfáltica de ruptura rápida podendo ou não conter polímeros, com taxa de aplicação e de diluição conforme recomendação do fabricante.

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 5.3.5.1 desta especificação.

5.3.6.2 Extração dos materiais na jazida:

- a) devem ser atendidas as recomendações constantes do subitem 5.3.5.2 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, de forma a assegurar a obtenção, de forma contínua, das características desejadas para a mistura dos materiais quanto ao teor de umidade e teor de cimento;
- 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 por evaporação 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 0,12 m, no mínimo, a 0,20 m, no máximo. A espessura máxima deve ser tal que não prejudique a uniformidade na compactação da camada.

5.3.6.6 Compactação e acabamento:

- a) as operações de compactação devem ser iniciadas imediatamente após o término do espalhamento e conformação do colchão de mistura fofa;
- 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 vibratórios (primeiros a atuarem), rolo liso 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, rolos liso 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;
- 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 a produção da mistura na usina e o acabamento final da camada compactada 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 5.3.5.6 desta especificação.

5.3.6.8 Proteção e cura:

- a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.5.7 desta especificação.

5.3.6.9 Liberação ao tráfego:

- a) devem ser atendidas as recomendações contidas no subitem 5.3.5.8 desta especificação.

6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Nas operações destinadas à execução dos serviços objeto desta especificação com o objetivo de preservação ambiental, devem ser observadas e adotadas as soluções e procedimentos relacionados ao tema ambiental, definidos nos documentos técnico-normativos pertinentes vigentes no DER/PR, na legislação ambiental, nas recomendações e exigências dos órgãos ambientais, e na documentação técnica vinculada à execução da obra (Projeto de Engenharia, Programas Ambientais etc.) em especial quanto a:

- a) comprovar a regularidade da origem dos materiais de construção empregados, zelando para que licenças ambientais válidas sejam apresentadas previamente ao DER/PR e observando o cumprimento dos condicionantes;
- b) zelar pela competência hídrica e preservar a qualidade das águas, aplicando dispositivo de contenção de carreamento de finos e outras providências para evitar assoreamento;
- c) adotar controle de processos erosivos de forma a impedir que sua evolução comprometa a integridade do patrimônio ou cause retrabalho ou danos a terceiros;
- d) providenciar e efetivar controle de coleta, transporte, armazenamento e disposição final de resíduos da construção, inclusive providenciando a regularização de bota-foras;

6.2 Além destas recomendações, devem ser observadas integralmente aquelas indicadas no Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR.

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 da Fiscalização 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 2 a 5, para mistura na pista, e 4 a 6, para mistura em usina, a seguir apresentados:

7.3.1 Mistura na pista

Quadro 2 – Solos

Solos	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista e, no mínimo, 1 vez por dia trabalhado	
01	Ensaio de granulometria

Quadro 3 – Controle de execução na pista

Controle de execução na pista	
Quantidade	Descrição
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado	
01	Determinação do grau de pulverização, após adição do cimento
01	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
01	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Para cada 100 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado	
01	Determinação da espessura da camada de mistura solta, com o cimento incorporado, imediatamente antes da compactação
Para cada 300 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado	
01	Ensaio de compactação, na energia selecionada, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
01	Ensaio de resistência à compressão simples aos 7 dias e 28 dias, com amostras coletadas na pista imediatamente antes da compactação
01	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura aplicado
Para cada 1000 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez a cada 2 dias trabalhados	
01	Determinação do teor de cimento (método de titulação), para o caso de distribuição do cimento a granel

Nota: para os ensaios de resistência à compressão simples e de tração por compressão diametral, devem ser extraídos corpos de prova com sonda rotativa ao 7º dia de cura. Caso a extração não seja viável aos 7 dias, fazer a extração aos 28 dias. Os corpos de prova devem apresentar espessura maior que a de projeto e não devem conter nenhuma patologia tal como trincamento e segregação. Os valores obtidos de resistência devem atender às especificações do projeto de dimensionamento do pavimento.

7.3.2 Mistura em usina

Quadro 4 – Solos

Solos	
Quantidade	Descrição
Para cada 400 m³ de mistura a ser aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado	
01	Ensaio de granulometria

Quadro 5 – Controle de execução

Controle de execução	
Quantidade	Descrição
Para cada 500 m³ de mistura e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado (na usina)	
1	Determinação do teor de umidade da mistura, na saída do misturador
Para cada 500 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado	
1	Determinação do teor de umidade, imediatamente antes da compactação
1	Determinação da massa específica aparente seca "in situ", após compactação
Quantidade	Descrição
Para cada 100 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 2 vezes por dia trabalhado	
1	Determinação da espessura da camada de mistura solta, imediatamente antes da compactação
Para cada 1000 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado	
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"> • mistura com cimento: tempo total decorrido desde incorporação do cimento à mistura na central até o início da compactação • compactação e acabamento: tempo decorrido desde o início da compactação até o final das operações de acabamento
1	Avaliação visual da eficiência e homogeneidade do processo de cura aplicado
Para cada 1000 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por dia trabalhado	
1	Determinação do teor de cimento (método de titulação)
Para cada 3000 m³ de mistura aplicada na pista e no mínimo 1 vez por semana trabalhada	
1	Aferição racional da usina

8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRANTE

- 8.1 Compete à Fiscalização do DER/PR, quando julgar necessário, 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 Compete à Fiscalização do DER/PR efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:
- 8.2.1 Espessura da camada: deve ser medida a espessura, no máximo a cada 100 m, pelo nivelamento do eixo e dos bordos.

- 8.2.2 Alinhamentos: a verificação dos alinhamentos do eixo e bordos, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena.
- 8.3 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.
- 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 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 que a prevista para a camada;
- b) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

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

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

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

Onde:

- u – espessura média;
- x_i – valores individuais;
- \bar{X} – média da amostra;
- s – desvio padrão;
- k – coeficiente tabelado em função do número de determinações definido (tamanho da amostra);
- n – número de determinações (tamanho da amostra).

- b.1) a espessura média determinada estatisticamente não deve ser menor do que a espessura de projeto menos 0,01 m;
- b.2) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo $\pm 0,02$ m em relação à espessura de projeto;
- b.3) 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);
- b.4) 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);
- b.5) as condições de acabamento, apreciadas pela Fiscalização do 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:

$\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + k_s > \text{valor máximo de projeto}$: não conformidade;

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo especificado}$ e $\bar{X} + k_s \leq \text{valor máximo de projeto}$: conformidade;

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

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

Onde:

x_i – valores individuais;

\bar{X} – média da amostra;

s – desvio padrão;

k – coeficiente tabelado em função do número de determinações definido de acordo com o Quadro 6;

n – número de determinações.

Quadro 6 – Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)

Plano de Amostragem Variável (DNER PRO 277/97)														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
α	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = N° de Amostras					k = Coeficiente Multiplicador					α = Risco da Contratada				

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

Se $\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo especificado}$: não conformidade;

Se $\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo especificado}$: conformidade.

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

Se $\bar{X} + k_s > \text{valor máximo especificado}$: não conformidade;

Se $\bar{X} + k_s \leq \text{valor máximo especificado}$: conformidade.

9.4.2 Os serviços só devem ser 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 o colocarem 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 \bar{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.