

CAMADAS DE SOLO CAL – SC

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Novembro de 2015



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 005

Especificação Particular para Execução de

Camada de Solo Cal– SC

Designação ARTERIS ES 005 (Novembro/2015)



1-RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na execução de camadas de solo cal. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

2-ENSAIOS NECESSÁRIOS

2.1- Para o entendimento desta Norma devem ser consultados os documentos seguintes:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6473**. Cal virgem e cal hidratada-Análise química. Rio de Janeiro, 2003.
- _____. **NBR 7175**. Cal hidratada para argamassa - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9895**. Solo – Índice de suporte Califórnia. Rio de Janeiro, 1987.
- _____. **NBR 7181**. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA E TRANSPORTES. **DNIT ME 092**. Solos – Determinação da massa específica aparente “*in situ*”, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **DNIT ME 164**. Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **DNIT ME 213**. Solos – Método de determinação da umidade. Rio de Janeiro, 1994.

2.2- Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta norma e contêm disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, quando da consulta desta norma.

3-DEFINIÇÃO

3.1- Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

Camadas constituídas de mistura de solo provenientes de jazidas ou *in loco*, com cal em proporções estabelecidas por dosagem experimental, que apresentam grande estabilidade a água e esforços e durabilidade quando adequadamente compactadas.

4-CONDIÇÕES GERAIS

- 4.1- As camadas solo cal pode ser empregada como camada de reforço, sub base ou base de pavimentos.
- 4.2- Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.
- 4.3- Durante todo o tempo que durar a execução da sub-base ou base de solo-cal, 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.

5-CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1- Os constituintes para execução da camada de solo cal são: solo selecionado via jazida, cal hidratada do tipo cálcica, com no mínimo 50% de cal solúvel ($\text{CaO}+\text{CaOH}_2$), determinado conforme especificação abaixo e água e devem atender aos limites definidos nesta especificação.

5.2- MATERIAL

5.2.1- Cal

Deve ser controlada o teor de cal solúvel ($\text{CaO}+\text{CaOH}_2$), determinado conforme NBR 6473, que deve atender a NBR 7175.

5.2.2- Água

Deve ser limpa, isenta de matéria orgânica, óleos e outras substâncias prejudiciais à cal.

5.2.3- Solo

Devem ser executados os ensaios abaixo discriminados, com materiais coletados na pista ou na jazida. Os lotes para coleta de material devem corresponder a 1.500 m² de camada acabada. Os solos empregados devem ser os provenientes de ocorrências de materiais das áreas de empréstimo e jazidas. Deve ser preferencialmente argilosos, com passante na peneira 0,075 mm superior a 50%.

6-COMPOSIÇÃO DA DOSAGEM

6.1- A dosagem deve ser apresentada pela Contratada e aprovada pela ARTERIS antes do início dos serviços.

6.2- A composição granulométrica da mistura de solo após da adição da cal hidratada, deve satisfazer no mínimo a 60% do material passante na peneira de 2,0 mm (NBR 7181).

6.3- A porcentagem mínima de cal hidratada cálcica deve ser de no mínimo 3% em massa seca de cal em relação a massa seca de solo. A mistura deve atender aos requisitos de resistência conforme abaixo:

- $\text{CBR} \geq 60\%$ e expansão $\leq 0,5\%$ na energia intermediária, conforme NBR 9895, ou os definidos em projeto para base do pavimento;
- $\text{CBR} \geq 30\%$ e expansão $\leq 1,0\%$ na energia intermediária, conforme NBR 9895, ou os definidos em projeto para sub-base do pavimento;
- $\text{CBR} \geq 20\%$ e expansão $\leq 1,0\%$ na energia normal ou intermediária, conforme NBR 9895, ou os definidos em projeto para reforço do pavimento.

O teor da cal a ser incorporado ao solo deve ser fixado experimentalmente, de modo que a mistura resultante atenda aos parâmetros mínimos exigidos.

6.4- O teor ótimo de umidade e a densidade aparente máxima da mistura (com cal incorporada) na energia especificada de compactação, devem ser definidos através do ensaio de compactação utilizando amostras não trabalhadas DNIT ME – 164.

7-EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelos fiscais da contratante.

7.1- Caminhões basculantes;

7.2- Motoniveladora equipada com escarificador e dispositivos para controle de profundidade, ou;

7.3- Distribuidor de agregados automotrizes dotado de acabamento ou motoniveladora;

7.5- 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;

7.5- Rolos compactadores do tipo pé de carneiro;

7.6- Compactadores pneumáticos, de pressão regulável;

8-EXECUÇÃO

8.1- Mistura processada em campo

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

- a) preparo da faixa;
- b) pulverização e homogeneização do solo.

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

No processo de pulverização e homogeneização exige-se que no mínimo, 60% do material seja reduzido 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 deverá ser iniciada com motoniveladora ou outro equipamento pré-aprovado pela fiscalização da contratante.

Para pulverização pode ser necessário o pré-umedecimento do solo, para facilitar a operação. Salvo determinação da fiscalização, a extensão da faixa escarificada e pulverizada não deve exceder à que possa ser tratada com cal em 2 dias de trabalho.

8.2- Distribuição e mistura da cal

Após a pulverização e regularização do solo, a cal deve ser distribuída 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 cal devem operar em velocidade regular e reduzida obtendo vazão de espalhamento constante e uniforme da cal. Este equipamento deve ser aferido e aprovado pela fiscalização.

Quando a distribuição for manual, a distribuição dos sacos de cal na pista deve ser realizada de forma uniforme, equidistantes uns dos outros. A cal dos sacos deve ser distribuída longitudinalmente e posteriormente espalhados com equipamento manual apropriado.

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

Imediatamente após a distribuição da cal, a mistura com solo deve ser executada em toda a espessura da camada pela ação da pulvimisturadora. A mistura deve ser repetida continuamente pelo tempo necessário de modo assegurar uma mistura completa, uniforme e íntima do solo com a cal.

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, obtida descrita conforme ensaio DNIT ME-164.

A mistura de solo-cal deve ser adequadamente espalhada e conformada com motoniveladora, 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.

8.3- Compactação

Na fase inicial da obra, devem ser executados segmentos experimentais, com formas diferenciadas de execução, na seqüência 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. A compactação deve ser iniciada com os rolos pé de carneiro e finalizada com rolos de pneus.

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 especificada em projeto de dosagem da mistura.

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.

8.4- Cura (Base e sub-base)

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 3 dias. A pintura de cura deve ser constituída por imprimação com emulsão asfáltica tipo RR-1C ou RR-2C.

A emulsão asfáltica deve ser aplicada com caminhão à razão de 0,6 l/m². 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.

Para condições de reforço de pavimento, a cura não será necessária.

9-CONTROLE DE QUALIDADE

Todos os materiais devem ser testados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada no item 2 ou onde expressamente mencionada nesta especificação particular.

9.1- Materiais

Cal

Todo carregamento da cal que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de qualidade que ateste que a cal possui no mínimo 50 % de cal solúvel, e que esta atende a NBR 7175.

9.2- Água

Deve ser potável

9.3- Mistura fresca

9.5.1- Um ensaio de análise granulométrica (NBR 7181) a cada dia de produção. A amostra deve ser coletada antes da adição da cal.

9.5.2- Um ensaio de compactação (DNIT ME-164), quando houver mudança no projeto de mistura.

9.5.3- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-213.

9.5.4 - Determinar do teor da cal: - se a distribuição da cal for realizada por processo mecânico, uma determinação a cada 8h por jornada de trabalho, por intermédio de pesagens; - se a distribuição da cal for manual, efetuar contagem do número de sacos de cal consumidos e comparar com o estabelecido no projeto de dosagem da mistura para subtrecho em execução.

9.5.5 - Determinar após o término da compactação, do teor de umidade e massa específica aparente seca *in situ*, de acordo com DNIT-ME 092, e o respectivo grau de compactação, em relação os valores obtidos, em amostras retiradas na profundidade de no mínimo 75% da espessura da camada; 1 determinação a cada 150 m² de pista compactada.

9.5.6 - CBR e expansão, conforme NBR 9895, na energia intermediária; uma determinação a cada 1.500 m² de pista.

9.5.7 - Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNIT ME-024) ou pelo FWD a cada 100m de pista ou menos a depender do projeto, imediatamente após a conclusão e conformação da camada. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

10- CONTROLE GEOMÉTRICO

Após a execução da camada, proceder-se-á a relocação da plataforma e ao nivelamento do eixo e dos bordos.

Proceder à determinação de pelo menos 5 valores individuais, obtidos por relocação e nivelamento do eixo e dos bordos, de 20 em 20 m alternadamente, antes e depois das operações de espalhamento e compactação.

Como alternativa, as medidas de espessuras poderão ser realizadas por ocasião da execução do ensaio de massa específica aparente seca “in situ” (DNIT ME-092) descrito em 9.5.5.

Admitir-se-á variação de -10% da espessura de projeto para pontos isolados, e até -5% de redução de espessura na média geral. A espessura de comparação deve ser a de projeto (95% do valor) com a mínima (média menos desvio padrão) encontrada nas medições da pista.

Os resultados dos ensaios de Controle Tecnológico, bem como o Controle Geométrico, devem ser tratados estatisticamente de acordo com a quantidade de resultados e medições por período ou segmento.

11 - ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

11.1- Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados no item 9 (Controle de Qualidade), bem como das características geométricas indicadas no item 10 (Controle Geométrico), devem atender aos requisitos desta especificação e/ou do projeto, de acordo com o critério a seguir:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow$ rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow$ aceita-se o serviço.

Sendo:

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

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações conforme tabela.

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL																		
N	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21
K	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,19	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	1,00
N = n° de amostras									k = coeficiente multiplicador									

11.2- Critério de Medição

Devem ser medidos os serviços aprovados pelo controle de qualidade e serão pagos considerando as dimensões efetivamente executadas.

Os serviços não aprovados devem ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.