

SUB-BASE OU BASE DE SOLO BRITA CIMENTO - SBC

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Novembro de 2015



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 007 Rev.00

Especificação Particular para Execução de

Sub-base ou base de solo brita cimento - SBC

Designação ARTERIS ES 007- Rev 00 (Novembro/2015)



1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada na produção, execução, aceitação e medição dos serviços de sub-bases e bases de solo brita cimento em obras rodoviárias das empresas do grupo ARTERIS.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

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

ARTERIS T 27 Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - -
AASHTO T-27.

ARTERIS D-4791 - Partículas Chatas, Alongadas ou Chatas e Alongadas no Agregado Graúdo –
ASTM D-4791.

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. ET-P00/048. Solo Cimento.

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. ET-P00/039. Brita Graduada.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNER ES-
305/97. Pavimentação- base de solo cimento.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. DER/SP.
Manual de Normas – Pavimentação. Seção 3.03. Sub-bases e bases de solo-
cimento.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459. Solo – Determinação do
limite de liquidez.

NBR 7225. Materiais de pedra e agregados naturais.

NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER EM 036 - Cimento
Portland – recebimento e aceitação.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5732. Cimento Portland
comum.

NBR 5735. Cimento Portland de alto-forno.

NBR 5736. Cimento Portland pozolânico.

NBR NM 137. Argamassa e concreto – Água para amassamento e cura de argamassa e concreto de cimento Portland.

NBR 7180. Solo - Determinação do limite de plasticidade.

NBR 7181 – Solo – Análise granulométrica.

NBR 11579. Cimento Portland. Determinação da finura por meio da peneira de 75 micrômetros (número 200).

NBR 5739. Concreto - Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

NBR 7222. Argamassa e concreto – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos.

NBR NM 8 Concreto – Determinação da resistência a tração por compressão diametral.

DNIT-ME 164 - Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas.

DNIT-ME 092 - Solos – Determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia.

DNIT-ME 049 - Solos – determinação do índice de suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas.

DNIT-ME 024 - Pavimento – Determinação das deflexões pela viga Benkelman.

DNER PRO 273. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer – FWD”.

3. DEFINIÇÃO

Para o efeito desta Norma é adotada a seguinte definição:

3.1 Solo Brita Cimento:

Solo brita cimento é o produto resultante da mistura, em usina, de solo, pedra britada, cimento Portland, água e, eventualmente, aditivos, em proporções determinadas experimentalmente. Após envolvimento dos materiais, compactação e cura, a mistura adquire propriedades físicas específicas para atuar como camada de base ou sub-base de pavimentos.

4. CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

4.2 A camada de sub-base e base solo brita cimento só pode ser executada quando a camada subjacente estiver liberada, quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

4.3 A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade para execução da camada de sub-base ou base.

4.4 Durante todo o tempo de execução da camada, 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. MATERIAIS

5.1 SOLO

Os solos empregados devem ser os provenientes de ocorrências de materiais das áreas de empréstimo e jazidas, devendo apresentar as seguintes características:

a) os finos dos solos, isto é, com diâmetro inferior a 0,42 mm devem satisfazer as seguintes condições:

- ter limite de liquidez inferior a 40%, determinado conforme NBR 6459;
- ter índice de plasticidade inferior a 18%.

b) a granulometria do material deve atender os requisitos da tabela 1;

c) não deve conter matéria orgânica e outras impurezas nocivas.

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando	Tolerâncias
ASTM	(mm)		
2"	50,8	100	
Nº 4	4,8	50-100	± 5%
Nº 40	0,42	15-100	± 2%
Nº 200	0,075	5-35	± 2%

5.2 AGREGADO

A brita deve ser obtida de agregado pétreo britado, classificada de acordo com NBR 7225, pode ser constituída de pedra 1, pedra 2, pedrisco ou composição destas. Deve possuir as seguintes características:

a) os agregados utilizados obtidos a partir da britagem e classificação de rocha são devem ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração, assim como de outras substâncias ou contaminações prejudiciais. Suas partículas individuais devem ser resistentes e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (ABNT-NBR 6465);
- Índice de forma deverá ser igual ou inferior a 20% (ARTERIS D-4791)
- Equivalente de areia da mistura igual ou superior a 30% (ABNT-NBR 12052).

5.3 CIMENTO

O cimento empregado deve atender a especificação de material DNER EM 036, para recebimento e aceitação do material. Podem ser empregados:

- a) cimento Portland comum - NBR 5732;
- b) cimento Portland de alto-forno - NBR 5735;
- c) cimento Portland pozolânico - NBR 5736.

5.3.1 TEOR DE CIMENTO

Define-se teor de cimento em massa como sendo a relação entre a massa de cimento e a massa total da mistura, multiplicado por 100. O teor mínimo de cimento deve ser de 3% em relação à massa total da mistura para sub-bases e 5% em relação à massa total da mistura para bases.

5.3.2 PORCENTAGEM DE BRITA

Define-se porcentagem de brita em massa como sendo a relação entre a massa de brita e a massa total da mistura, multiplicado por 100. A porcentagem mínima de brita na mistura deve ser 60% em relação à massa total da mistura.

5.3.3 PORCENTAGEM DE SOLO

Define-se porcentagem de solo em massa como sendo a relação entre a massa de solo e a massa total da mistura, multiplicado por 100. A porcentagem máxima de solo permitida deve ser de 40% em relação à massa total da mistura.

5.4 MISTURA

A porcentagem mínima de cimento Portland a ser incorporada à mistura será de 5,0% em peso para as camadas de base e 3,0% em peso para as camadas de subbase, tendo necessariamente que a mistura deve atender aos seguintes requisitos:

Resistência à Compressão Simples (ABNT NBR 5739) - MÍNIMO		Resistência à Tração por Compressão Diametral (ABNT NBR 7222) - MÍNIMO
7 dias	28 dias	28 dias
4,2 Mpa	7,0 MPa	1,0 Mpa

6. EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela fiscalização da Arteris. Os equipamentos básicos para a execução da camada de solo brita cimento compreende as seguintes unidades:

- a) caminhões para transporte dos materiais com caçamba basculante.

- b) pá-carregadeira.
- c) motoniveladora.
- d) distribuidor de agregados autopropelido.
- e) 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.
- f) compactador vibratório portátil ou sapo mecânico, uso eventual.
- g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento.
- h) rolo de pneus de pressão variável.
- i) rolo vibratório liso, ou corrugado (pata curta).
- e) vassouras mecânicas ou manuais, uso eventual.
- k) compressores de ar, rompedores.
- f) usina de misturas de solos.

As centrais de usina devem ser constituídas de:

- silos: solo, agregados e cimento, providos de comportas e equipados com dispositivo que permita a produção contínua da mistura.

- correia transportadora: que transportem os solos, agregados 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, provida 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, conforme metodologia de dosagem de mistura.

- 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.

7. EXECUÇÃO

7.1 PRODUÇÃO DA MISTURA E TRANSPORTE

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

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 tempo decorrido entre a adição de cimento e água no misturador e o início do espalhamento não deve ser superior à 1 hora, a menos que, a critério da fiscalização, e devidamente comprovado por ensaios, constate-se a possibilidade de aumentar este tempo.

Em qualquer hipótese o limite de tempo entre a produção e o final da compactação está fixado em 3 horas.

Não é permitida a estocagem do material usinado para posterior utilização.

7.2 ESPALHAMENTO

A mistura de solo brita cimento deve ser adequadamente espalhada na pista, de forma que a espessura solta seja suficiente para que se obtenha a espessura da camada acabada desejada, nunca inferior a 12 cm e no máximo 30 cm quando comprovada da adequado espalhamento, compactação e acabamento da mesma.

A operação de espalhamento deve ser feita com o distribuidor de agregados, capaz de distribuir a mistura solo brita cimento em espessura uniforme sem produzir segregação e de forma a evitar conformação adicional da camada. Caso, no entanto, isto seja necessário, admite-se conformação pela atuação da motoniveladora, exclusivamente por ação de corte, previamente ao início da compactação.

7.3 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 em projeto, além do respectivo tempo demandado para finalização das operações.

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

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 superelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da camada em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, eixo. Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que seu uso não for recomendável, tais como cabeceira de obras de arte, a compactação deve ser executada com rolos vibratórios mecânicos.

O teor de umidade do solo brita cimento, imediatamente antes da compactação, deve estar compreendido no intervalo de -1% a +2%, em relação à umidade ótima obtida no ensaio de compactação, conforme NBR 7182, na energia intermediária.

A compactação deve evoluir até que se obtenha o grau de compactação mínimo superior a 100% em relação à massa específica aparente seca máxima, obtido no ensaio de compactação, conforme NBR 7182, na energia intermediária. O intervalo de tempo máximo permitido entre o início e o término das operações de compactação é de 3 horas.

7.4 ACABAMENTO

O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora, somente em operação de corte, e de rolos de pneus ou do tipo liso. É vetada a correção de depressões por adição de material.

7.5 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.

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

7.6 CURA

A superfície da solo brita cimento deve ser protegida contra a evaporação da água por meio de uma pintura de cura com emulsão asfáltica tipo RR-2C. A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua. Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

Quando isto não for possível, a camada deve ser mantida úmida contra perda rápida de umidade, por período mínimo de 7 dias.

7.7 ABERTURA AO TRÁFEGO

A sub-base ou base de solo brita 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.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

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

▪ Materiais

..1 Cimento Portland

O fornecedor de cimento deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.3.

..2 Aditivos

O fornecedor de aditivos (quando utilizado) deverá entregar junto com o produto, um certificado de qualidade que atenda ao disposto em 5.3.

8.1.3 Água

Deverá ser potável

8.1.4 Agregados

- Um ensaio de desgaste por abrasão Los Angeles (ABNT NBR 6465) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.
- Um ensaio de índice de forma (ARTERIS D-4791) toda vez que se fizer necessário realizar ou revisar a dosagem de brita graduada tratada com cimento.
- Um ensaio de equivalente de areia (ABNT NBR 12052) por semana.

8.2 Mistura fresca

- Um ensaio de análise granulométrica (ARTERIS ME-27) a cada 4 horas de produção da usina. A amostra deve ser coletada antes da adição do cimento.

- Um ensaio de compactação (DNIT ME-129), quando houver mudança na faixa de trabalho da mistura.
- Uma determinação do teor de umidade a cada 4 horas de produção da usina. O processo para esta determinação é o descrito no método de ensaio DNIT ME-092.
- Um ensaio de massa específica aparente “in situ” (DNIT ME-092) a cada 100m de pista, obedecendo à ordem: bordo direito, eixo, bordo esquerdo, eixo, imediatamente após a compactação da camada.

8.3 Mistura Endurecida

- Um ensaio de resistência à compressão simples aos 7 e 28 dias de idade (ABNT NBR 5739) por dia.
- Um ensaio de resistência à tração por compressão diametral aos 28 dias de idade (ABNT NM-8) por dia.

Para os ensaios de resistência a compressão simples e de tração por compressão diametral devem ser extraídos corpos de prova de pista ao 7º dia.

Obs: os corpos de prova devem apresentar espessura $\geq a$ de projeto e não devem conter nenhuma patologia tal como trincamento e segregação.

- Medidas das deflexões recuperáveis, pela Viga Benkelman (DNIT ME-024) ou pelo FWD a cada 100m de pista, e após no mínimo 14 dias de idade da camada. As deflexões máximas admissíveis serão fixadas no projeto.

9. ACEITAÇÃO

Todos os ensaios dos materiais e da mistura indicados em 8 (Controle de Qualidade), bem como a espessura medida, deverão 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.

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									

Os serviços rejeitados deverão ser refeitos.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, a ser feito pela construtora e entregue junto com a medição. A medição só será encaminhada para pagamento após a entrega do relatório de controle do trecho medido.

10. APÊNDICE - TABELA DE FREQUENCIA DE ENSAIOS

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
DOSAGEM MISTURA / SOLO	DOSAGEM DO SOLO	15 dias antes inicio trabalhos ou material mudar	-	DNIT ME-164
	GRANULOMETRIA DOS MATERIAIS	Na dosagem ou material mudar	Brita > 60% Solo > 40%	ABNT NBR 7181
	LIMITES DE ATTERBERG	Na dosagem ou material mudar	LL < 40% e IP < 18%	ABNT NBR 7180 ABNT NBR 6459
	CBR e EXPANSÃO	Na dosagem ou material mudar	$\geq +2\%$ do CBRprojeto e	DNIT ME-049
	EXPANSÃO	Na dosagem ou material mudar	$\leq 2\%$	DNIT ME-049
	MÓDULO DE RESILIÊNCIA	Na dosagem ou material mudar	≥ 150 MPa	ARTERIS ME 037
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
AGRAGADOS	ABRASÃO LOS ANGELES	Na dosagem ou material mudar	< 55 %	ABNT NBR-6465
	ÍNDICE DE FORMA	Na dosagem ou material mudar	≤ 20%	ARTERIS D-4791
	EQUIVALENTE DE AREIA DA MISTURA SÊCA	1 Na dosagem ou material mudar	≥ 30%	ABNT NBR-12052
PISTA	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (7 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 4,2 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 7,0 MPa	ABNT NBR 5739
	RESISTÊNCIA A TRAÇÃO (28 dias)	1 ensaio por dia (2 CP's)	> 1,0 MPa	ABNT NM-8
	UMIDADE DA MISTURA	Imediatamente antes da compactação	-2 a +1% da H. ót.	DNIT ME-092
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	A cada 100 metros de pista	$\bar{X} + ks \leq D_{proj.}$	DNIT ME-024
	GRAU DE COMPACTAÇÃO	A cada 100 metros de pista	≥ 100% (Energia especificada)	DNIT ME-092
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	A cada 100 metros de pista	$\bar{X} - ks > 95\%$ da espessura de projeto	Linha e trena / topografia