ecoRODOVIAS	Código: ET-ECS.000.000-PAV/03	REV. 02
	Emissão: 17/06/2024	Folha: 1/12
ecoRODOVIAS concessões e serviços	Resp. Técnico / Elaborador: Eng. Reginaldo Jesus	
	Nº CREA: SP-5070904250	
Rodovia: Geral	Verificador: Eng. Claudio Renato Dias	
Trecho: Geral	Aprovador: Eng. Danilo Martinelli Pitta	

Objeto:

PAVIMENTAÇÃO - ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA PARA SUB-BASE E BASE DE BRITA GRADUADA SIMPLES

Documentos de Referência:

- DNIT 141/2010 - ES - Pavimentação - base estabilizada Granulometricamente
- Manual de Normas de Pavimentação – DER-SP, 1991
- ET-DE-P00/008 – Sub-Base ou Base de Brita Graduada – DER-SP – julho de 2005

Descrição das Revisões:

Rev. 02 – Alterado paragrafo no item 6.1 de “Quando houver necessidade de se ... mínima de qualquer camada será 10 cm, após a compactação“ para “A espessura da camada individual acabada deve situar-se no intervalo de 0,10 a 0,17 m, no máximo. Quando se desejar camadas de ... se a eficiência do equipamento de compressão for atestada, pela obtenção de grau de compactação uniforme em toda a espessura da camada”.

Rev. 01 – Excluído no item 4 as faixas granulométricas do NCSA, faixa B do Dersa e base drenante; inseridos faixas granulométricas da ET-DE-P00/008 do DER-SP; adequado controle de qualidade conforme plano de auditoria e controle estatístico conforme ET-DE-P00/008 do DER-SP.

Rev. 00 – Emissão da primeira versão do documento.

Observação:

Rev.	Data	Resp. Técnico/ Elaborador	Nº. CREA	Verificador	Aprovador
02	17/06/2024	Eng. Reginaldo Jesus	SP-5070904250	Eng. Claudio Renato dias	Eng. Danilo Martinelli Pitta
01	21/12/2021	Eng. Reginaldo Jesus	SP-5070904250	Eng. Claudio Renato dias	Eng. Filippo Chiariello
00	01/10/2018	Engª. Cecília Merighi	SP-5063195955	Eng. Paulo Rosa Machado Filho	Eng. Filippo Chiariello

1. OBJETIVO

Esta Especificação fixa as condições a serem adotadas para a execução e controle de camadas de sub-base ou base de Brita Graduada Simples (BGS) de pavimentos.

2. DEFINIÇÃO

Brita Graduada Simples é o produto resultante da mistura, em usina, de agregados obtidos por britagem de rochas sãs, estabilizados granulometricamente em proporção definida, empregado como camada granular de pavimentação.

A mistura deve possibilitar homogeneizações granulométricas e de umidade do produto, através de adequação do tempo de passagem pelo misturador e da quantidade de água.

As operações de descarga, transporte, distribuição e compactação devem ser conduzidas de modo a manter a faixa granulométrica especificada, em qualquer ponto, após a conclusão dos trabalhos.

Não permitir a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.

3. REFERÊNCIAS

Constituem complementos desta especificação os seguintes documentos:

- DNER-ME 024/94- Determinações das deflexões pela viga Benkelman;
- DNER-ME 035/98- Agregados - Determinação da abrasão “Los Angeles”;
- DNER-ME 052/94- Determinação da umidade com emprego do “Speedy”;
- DNER-ME 054/97- Equivalente de areia;
- DNER-ME 082/94- Determinação do limite de plasticidade;
- DNER-ME 083/98- Agregados – Análise granulométrica;
- DNER-ME 088/94- Determinação da umidade pelo método expedido do álcool;
- DNER-ME 089/94- Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- DNER-ME 092/94- Determinação da massa especifica aparente do solo “in situ”, com o emprego, do frasco de areia;
- DNER-ME 122/94- Determinação do limite de liquidez;
- DNIT 164/2013-ME: Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas;

- DNIT 172/2016-ME: Solos - Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhada;
- DNIT 424/2020-ME - Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com crivos
- DNIT 425/2020-ME - Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro
- AASHTO R9-97 - “Standard Recommended Practice for Acceptance Sampling Plans for Highway Construction”;
- DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

4. MATERIAIS

Os materiais para execução da camada de brita graduada serão produtos provenientes de britagem de rochas sãs, devendo apresentar as seguintes características:

a) Quando submetidos aos ensaios dos métodos DNER-ME 083/94, DNER-ME 122/94, DNER-ME 082/94 e DNER-ME 054/94:

- A fração que passa na peneira n° 40 deverá apresentar limite de liquidez inferior ou igual a 25 % e índice de plasticidade inferior ou igual a 6 %;
- O equivalente de areia deverá ser maior que 35 %;
- Deverão possuir composição granulométrica satisfazendo uma das faixas do quadro abaixo:

Peneira de Malha Quadrada		**% em massa, passando**				**Tolerância**
ASTM	**mm**	**A**	**B**	**C**	**D**	
2”	50,0	100	100	-	-	± 7
1 ½”	37,5	90 – 100	-	-	-	± 7
1”	25,0	-	82 – 90	100	100	± 7
¾”	19,0	50 – 68	-	-	-	± 7
3/8”	9,5	30 – 46	60 – 75	50 – 85	60 – 100	± 7
Nº 4	4,8	20 – 34	45 – 60	35 – 65	50 – 85	± 5
Nº 10	2,0	-	32 – 45	25 – 50	40 – 70	± 5
Nº 40	0,42	4 – 12	22 – 30	15 – 30	25 – 45	± 5
Nº 200	0,075	1 – 4	10 – 15	5 – 15	5 – 20	± 2
Espessura da Camada acabada em cm		10 – 17	10 – 17	10 – 13	10 – 13	

- No caso de utilização de brita graduada simples como base drenante dos acostamentos deverá ser utilizada a seguinte faixa granulométrica:

Peneira de Malha Quadrada		% em massa, passando	Tolerância
ASTM	mm		
1 ½”	37,5	100	± 7
1”	25,0	90 – 100	± 7
¾”	19,0	75 – 99	± 7
3/8”	9,5	45 - 64	± 7
Nº 4	4,8	30 – 45	± 5
Nº 10	2,0	18 – 33	± 5
Nº 40	0,42	7 – 17	± 5
Nº 80	0,18	1 – 11	± 3
Nº 200	0,075	0 – 8	± 2

b) Quando submetido aos ensaios DNIT 164/2013-ME e DNIT 172/2016-ME:

- O Índice de Suporte Califórnia, deverá ser superior a 100% e a expansão máxima será de 0,5%, com energia de compactação do Método C – Proctor Modificado ou relativa à máxima densificação do material, em laboratório;

- O agregado retido na peneira n° 10 deverá ser constituído de partículas duras e resistentes, isentas de fragmentos moles, alongados ou achatados, estes isentos de matéria vegetal ou outra substância prejudicial, devendo apresentar:

– Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50% (DNER-ME 035/98). Entretanto, poderão ser admitidos valores de desgaste maiores no caso de desempenho satisfatório em utilização anterior;

– Durabilidade, determinada em cinco ciclos, pelo método DNER-ME 089/94, com perdas menores que: 20% em sulfato de sódio; ou 30% em sulfato de magnésio;

– Quanto ao tamanho e à forma das partículas: Índice de forma do agregado maior ou igual a 0,5;

– Quanto às impurezas: a brita graduada deverá ser isenta de impurezas tais como torrões de solo e materiais orgânicos.

5. EQUIPAMENTO

O equipamento deverá ser capaz de executar os serviços especificados dentro dos prazos fixados no cronograma contratual, e deverá compreender, no mínimo:

- Central de Mistura (usina de solos), composta de misturador, silos, depósito de água e dispositivos de controle, capaz de produzir, utilizando até três graduações de agregado, quantidade suficiente de brita graduada, com a granulometria e teores de umidade especificados;

- Distribuidor de agregados autopropulsionado, ou dotado de dispositivo de vibração e adensamento, capaz de distribuir a mistura em espessura uniforme e sem produzir segregação, dotado de dispositivo de acabamento, quando especificado. Quando a pouca quantidade do serviço inviabilizar esse tipo de equipamento, será admitido o uso de motoniveladora cuidando-se de evitar qualquer segregação;

- Veículos com caçamba basculante para transporte da brita graduada;

- Motoniveladora pesada com escarificador;

- Carro tanque distribuidores de água de no mínimo 10.000 litros, equipados com moto-bomba, capazes de distribuir água sob pressão regulável e uniformemente;

- Rolos compactadores autopropulsionados tipo liso-vibratório (e com frequência regulável, com as seguintes características: largura do rastro: maior que 1,40 m; peso estático: maior que 33 kN) e pneumático de pressão regulável, (com as seguintes características: carga por roda: maior que 25 kN; largura do rastro: maior que 2,00 m; pressão de contato: maior que 0,7 MPa).

6. EXECUÇÃO

6.1. Considerações gerais

A espessura da camada individual acabada deve situar-se no intervalo de 0,10 a 0,17 m, no máximo. Quando se desejar camadas de bases ou subbases de maior espessura, os serviços devem ser executados em mais de uma camada. Espessuras no intervalo de 0,17 a 0,20 m somente são aceitas, quando executadas em camada única, se a eficiência do equipamento de compressão for atestada, pela obtenção de grau de compactação uniforme em toda a espessura da camada.

6.2. Locação e Nivelamento

Os serviços de locação e nivelamento serão executados pelo Empreiteiro e verificados pela Concessionária. Nas posições correspondentes às estacas de locação, dos dois lados da pista e a distância constante da linha base (eixo), serão assentados e nivelados piquetes para controle de cotas e de alinhamento.

6.3. Serviços Preliminares

As sub-bases e as bases de brita graduada simples serão geralmente executadas sobre a superfície liberada resultante dos serviços de Regularização do Subleito, do Reforço do Subleito, ou da Sub-base, conforme o projeto.

6.4. Preparação, Transporte e Distribuição

A brita graduada simples ao sair da usina deverá estar homogênea em teor de umidade e granulometria. No início dos serviços, será determinada a perda de umidade entre a saída da usina e o início das operações de compactação.

Daí em diante, o teor de umidade da mistura, ao sair da usina, deverá ser igual à umidade ótima, para fins de compactação, acrescida da porcentagem correspondente à perda por evaporação.

A umidade, por ocasião da compactação, deve estar situada na faixa estabelecida pelo projeto. A densidade ***in situ*** deve ser no mínimo 100% da densidade máxima do ensaio de compactação com a energia correspondente à densificação máxima que o material possa suportar (Grau de *compactação* igual ou superior a 100 %).

As extensões em que as condições de compactação diferirem daquelas fixadas pela especificação devem ser totalmente removidas e refeitas, de conformidade com a sistemática preconizada nesta Especificação, sem ônus para a Contratante.

As operações de transporte da mistura, da usina para a sub-base ou a base em construção, deverão ser feitas em caminhões basculantes cobertos com lona.

A distribuição será realizada com o equipamento especificado, assegurando a uniformidade de composição da mistura, umidade, espessura e adensamento na camada solta. Será permitida a distribuição manual nas áreas em que, em virtude da sua forma ou dimensões, não for possível ou conveniente a movimentação do distribuidor.

A compactação será sempre iniciada pelas bordas.

Nos trechos em tangente, a compactação prosseguirá das duas bordas para o eixo, em percursos equidistantes da linha base (eixo). Os percursos ou passadas de cada rolo compactador serão distanciados entre si de tal forma que, em cada percurso, seja coberto metade do rastro deixado no percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo sobre-elevação, a compactação progredirá da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

As passadas sucessivas de um mesmo rolo compactador serão executadas de modo a evitar que o início do retorno ocorra sempre na mesma seção transversal. Não será permitida a manobra dos rolos compactadores sobre as sub-bases ou as bases que estão sendo compactadas.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da sub-base ou da base em construção, a compactação será executada transversalmente à linha base (eixo).

Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que o seu uso não for desejável (cabeceiras de obras de arte), a compactação será executada com compactadores vibratórios portáteis ou com sapos mecânicos.

As operações de compactação deverão prosseguir, até que, em toda a espessura e em toda a superfície da sub-base ou da base em construção, o grau de compactação iguale ou exceda o grau de compactação especificado. Nessa ocasião, será iniciado o acabamento da superfície, admitindo-se umedecimento e corte com motoniveladora.

Havendo locais necessitando de correções geométricas ou estando a superfície visivelmente segregada, a última camada deverá ser refeita de acordo com a sistemática preconizada nesta Especificação.

Não será permitida a colocação do material da camada sobrejacente à brita graduada, quando esta apresentar umidades superiores às toleradas para compactação.

6.5. Proteção dos Serviços

Durante todo o tempo que durar a construção, e até o recebimento da camada, os materiais e os serviços serão protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

6.6. Abertura ao Trânsito

As sub-bases ou as bases de brita graduada simples não deverão ser submetidas à ação direta das cargas e da abrasão do trânsito. No entanto, a Concessionária poderá autorizá-lo, em caráter excepcional e em áreas limitadas, quando os danos que possam ser provocados na superfície acabada não prejudiquem a qualidade da sub-base ou da base em questão, ou da camada de pavimento, que sobre ela será construída.

7. MANEJO AMBIENTAL

Observar os seguintes cuidados visando a preservação do meio ambiente no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base estabilizada granulometricamente:

7.1. Na Exploração das Ocorrências de Materiais

Adotar os seguintes cuidados na exploração das ocorrências de materiais:

a) Apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia da licença junto ao Livro de Ocorrências da obra;

b) Evitar a localização de pedreira e instalações de britagem em área de preservação ambiental;

c) Planejar adequadamente a exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após retirada de todos os materiais e equipamentos;

d) Impedir queimadas como forma de desmatamento;

e) Construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água;

f) Exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como, sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso a brita seja fornecida por terceiros.

7.2. Na Execução

Os cuidados para a preservação ambiental referem-se à disciplina do tráfego e do estacionamento dos equipamentos:

a) Proibir o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

b) As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos devem ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

8. CONTROLE DE QUALIDADE

O controle de qualidade será de responsabilidade do executante, estando sujeito à auditoria por parte da Concessionária.

8.1. Controle do Material

Deverão ser adotados no mínimo os seguintes procedimentos:

a) Ensaios de granulometria pelo método DNER-ME 083/98:

- Controle na pista: no mínimo 2 ensaios por jornada diária de 8 horas de horas de trabalho, com intervalo mínimo de 4 horas entre as amostragens, e sempre que ocorrerem indícios de variação da granulometria da mistura;

b) Ensaios de compactação pelo método DNIT 164/2013-ME (Antiga DNER-ME 129/94 - método C com 56 golpes ou com a energia determinada no estudo de máxima densificação) com materiais coletados na pista em locais determinados aleatoriamente. Realizar sempre que a curva granulométrica da mistura se encontrar fora da faixa de trabalho.

c) Ensaios de Índice Suporte Califórnia - ISC e expansão pelo método DNIT 172/2016-ME, na energia de compactação indicada no projeto, para o material coletado na pista, em locais determinados aleatoriamente. Deverá ser coletada uma amostra por camada para cada 10.000 m²;

d) 1 ensaio de desgaste Los Angeles no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material (método DNER-ME 035/98);

e) 1 ensaio de índice de forma no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material (método DNIT 424/20 – ME; DNIT 425/20 - ME);

f) 1 ensaio de Durabilidade no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material (método DNER-ME 089/94);

g) 1 ensaio de granulometria do material de enchimento (fíler), quando houver variação da natureza do material (método DNER-ME 083/98).

8.2. Controle da Execução

Deverão ser adotados no mínimo os seguintes procedimentos:

a) Ensaio de umidade higroscópica do material, imediatamente antes da compactação por camada, para cada 250 m² de pista a ser compactado em locais escolhidos aleatoriamente, método DNER-ME 052/94. As tolerâncias admitidas para a umidade higroscópica em torno da umidade ótima são as definidas em projeto;

b) Ensaio de massa específica aparente seca ***in situ*** em locais escolhidos aleatoriamente, por camada, para cada 250 m² de pista, alternando BD, EX e BE, nos mesmos pontos em que foram coletadas amostras para os ensaios de compactação, pelo método DNER-ME 092/94, para o cálculo do grau de compactação - GC.

Os graus de compactação serão calculados pela relação entre as massas específicas aparentes ***in situ*** obtidas no campo e aquelas determinadas em laboratório conforme item 8.1.b. O grau de compactação (GC) deverá ser igual ou superior a 100%.

8.3. Controle Geométrico

Após a execução da base, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo e dos bordos, a cada 10 m, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;

b) Até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando redução;

c) ± 1,5 cm na espessura, em pontos isolados.

8.4. Critério de Aceitação e Rejeição

Todos os ensaios de controle e determinações relativos à execução e ao produto, devem cumprir as Condições Gerais e Específicas desta especificação, e estar de acordo com os seguintes critérios:

a) Controle Estatístico

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

Quadro 1 – Controle estatístico

N	K	K_1	N	K	K_1	N	K	K_1
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

Quadro 2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

8.5. Controle Deflectométrico (Especial)

Em caráter complementar, para garantia de qualidade na execução do serviço, deverá ser procedida a determinação das deflexões elásticas sobre a superfície acabada, segundo o Método DNER-ME 024/94, com o auxílio de viga Benkelman ou FWD (*Falling Weight Deflectometer*).

Deverá ser executada pelo menos uma medida da deflexão máxima a cada 20 metros, alternando-se, aleatoriamente, entre os bordos (direito e esquerdo) e o eixo da pista.

As deflexões obtidas sobre esta camada deverão atender as especificações do projeto de pavimento.

9. MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço será medido em volume (metros cúbicos), executado conforme a seção transversal do projeto.

O pagamento será feito pelo preço unitário contratual, e este pagamento consistirá remuneração única do serviço, incluindo o fornecimento, a mistura e homogeneização, o transporte e a aplicação dos materiais, ensaios especificados dos materiais e das camadas executadas, toda a mão-de-obra e encargos sociais incidentes, os equipamentos, as ferramentas, as despesas indiretas, as despesas fiscais e eventuais necessários à sua execução.