TÍTULO

SUB-BASE OU BASE DE MACADAME HIDRÁULICO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Base. Sub-Base. Macadame Hidráulico.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/043**. Sub-Base e Base Macadame Hidráulico - São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ES- 316/97**. Base de macadame hidráulico. Rio de Janeiro, 1997.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP**. Manual de Normas – Pavimentação. **Seção 3.05**. Sub-bases e bases de macadame hidráulico. São Paulo, 1991.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

Esta especificação técnica substitui a seção 3.05, sub-bases e bases de macadame hidráulico, do manual de normas - pavimentação de 1991, a partir da data de aprovação deste documento.

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 3
2 DEFINIÇÃO 3
3 MATERIAIS 3
3.1 Agregados Graúdos 3
3.2 Agregado para Material de Enchimento 4
3.3 Agregado para Camada de Isolamento ou Bloqueio 5
4 EQUIPAMENTOS 5
5 EXECUÇÃO 6
5.1 Segmento Experimental 6
5.2 Condições Gerais 6
5.3 Preparo da Superfície 7
5.4 Camada de Isolamento ou Bloqueio 7
5.5 Aplicação do Agregado Graúdo 8
5.6 Compactação do Agregado Graúdo 8
5.7 Operação de Enchimento e Travamento 9
5.8 Abertura ao Tráfego 9
6 CONTROLE 9
6.1 Controle dos Materiais 9
6.2 Controle de Execução 10
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 11
6.4 Deflexões 11
7 ACEITAÇÃO 11
7.1 Materiais 11
7.2 Execução 12
7.3 Deflexões 13
8 CONTROLE AMBIENTAL 13
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 13
8.2 Execução 14
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 14
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 15
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 16
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 21

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a execução, aceitação e medição da sub-base e base de macadame hidráulico em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas e Rodagem de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Macadame hidráulico é a camada de base ou sub-base obtida por compactação de agregados graúdos, uniformemente distribuídos, cujos vazios são preenchidos com agregados miúdos, pó-de-pedra, uniformemente distribuídos, inicialmente a seco e depois adensados com ajuda de água. A estabilidade da camada é obtida a partir de compactação eficiente. Caso necessário, este processo pode ser repetido até se atingir a espessura final desejada.

Camada de bloqueio ou isolamento é a parte inferior da camada de macadame hidráulico, limitada à espessura de 0,04 m após a compactação, constituídos por finos resultantes da britagem, aplicada nos casos que o macadame hidráulico é assentado diretamente sobre os solos com mais de 35% passando na peneira de abertura de 0,075mm.

3 MATERIAIS

A camada de base ou sub-base de macadame hidráulico deve ser executada com agregados minerais que atendam aos requisitos seguintes.

3.1 Agregados Graúdos

O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada proveniente de rocha sã, livre de partículas macias ou de fácil desintegração, matéria orgânica ou outras substâncias e contaminações prejudiciais.

Devem ser executados os seguintes procedimentos:

a) desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(1), inferior a 50%;

b) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 – ME(2);

c) a perda no ensaio de durabilidade conforme DNER ME 089(3), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 20%, e com sulfato de magnésio inferior a 30%.

d) o agregado graúdo deve ter diâmetro máximo compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final da camada executada;

e) a curva granulométrica de projeto dos agregados graúdos deve satisfazer a uma das faixas especificadas na Tabela 1;

f) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela 1 – Faixas Granulométricas do Agregado Graúdo

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando			
ASTM	**mm**	**I**	**II**	**III**	**Tolerância**
4”	101,6	100	-	-	
3 1/2”	88,9	90 – 100	-	-	± 7
3”	76,2	-	100	-	± 7
2 1/2”	63,5	25 - 60	90 – 100	100	± 7
2”	50,8	-	35 – 70	90 – 100	± 7
1 1/2”	38,1	0 – 15	0 – 15	35 – 70	± 7
1”	25,4		-	0 – 15	± 7
3/4”	19,1	0 – 15	0 – 5	-	± 7
1/2”	12,7	-	0 – 2	0 – 5	± 7
Espessura máxima da camada acabada em cm		25,0	20,0	15,0	

3.2 Agregado para Material de Enchimento

O material de enchimento deve ser constituído pelos finos resultantes de britagem, pó de pedra, isentos de impurezas tais como torrões de solo e materiais orgânicos. Deve satisfazer os seguintes requisitos:

a) a curva granulométrica de projeto dos agregados miúdos deve satisfazer a uma das faixas especificadas na Tabela 2;

Tabela 2 – Faixas Granulométricas do Material de Enchimento

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando		Tolerância
ASTM	**mm**	**I**	**II**	
¾”	19,1	100	-	
½ “	12,7	85 – 100	-	± 7
3/8”	9,5	-	100	± 7
nº 4	4,8	-	85 – 100	± 5
nº 10	2,0	55 – 70	65 – 83	± 5
nº 40	0,42	30 – 50	35 – 50	± 3

b) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 2, porém respeitando os limites da faixa granulométrica;

c) o equivalente de areia, conforme a NBR 12052[(4),] deve ser igual ou superior a 55%;

d) a fração que passa na peneira de abertura 0,42 mm, nº 40, deve apresentar limite de

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

liquidez determinado conforme NBR 6459[5], igual ou inferior a 25%, e índice de plasticidade inferior ou igual a 6%.

3.3 Agregado para Camada de Isolamento ou Bloqueio

O material da camada de isolamento ou bloqueio deve atender às seguintes condições:

a) a curva granulométrica de projeto dos agregados deve satisfazer a uma das faixas especificadas na Tabela 3;

b) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 3, porém respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;

Tabela 3 – Faixas Granulométricas da Camada de Bloqueio

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando		Tolerância
ASTM	mm	I	II	
3/4”	19,1	100	-	
1/2”	12,5	80 –100	-	± 7
3/8”	9,5	70 – 100		± 7
nº 4	4,8	45 – 100	100	± 5
nº 10	2,0	25 – 65	55 - 100	± 5
nº 40	0,42	10 – 30	25 - 100	± 5
nº 200	0,075	0 – 8	0 – 12	± 2
Utilizar para enchimento do agregado graúdo da faixa		I	II e III	
Espessura da camada em cm		4,0	4,0	

c) o equivalente de areia, conforme NBR 12052[4], deve ser igual ou superior a 55%

d) a fração que passa na peneira de abertura 0,42 mm, nº 40, deve apresentar limite de liquidez determinado conforme NBR 6459[5], igual ou inferior a 25%, e índice de plasticidade inferior ou igual a 6%.

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

O equipamento básico para a execução da sub-base e base de macadame hidráulico compreende as seguintes unidades:

a) caminhões basculantes;

b) distribuidor de agregados ou motoniveladora pesada;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

c) rolo compressor de três rodas do tipo liso ou tandem, com peso de 10 t a 12 t, ou liso vibratório;

d) rolo compactador pneumático de pressão variável;

e) caminhão tanque irrigador de capacidade adequada ao serviço;

f) compactadores portáteis vibratórios ou sapos mecânicos;

g) vassouras mecânicas ou vassourões;

h) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento;

i) equipamentos e ferramentas complementares: pás, carrinhos de mão, marretas, garfos, rastelos etc.

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de macadame hidráulico, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerado experimental, para obtenção dos objetivos:

a) Verificar se o material que chega ao campo apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim.

b) Definir o processo construtivo da camada (distribuição do material, equipamentos de compactação, número de passadas de cada um deles e espessura da camada executada) para obter uma camada integra de macadame hidráulico, assim como verificar se o material de enchimento está presente em toda a espessura da camada executada. Caso isso não ocorra, deverá ser diminuída a espessura da camada de agregado graúdo até que se note o completo enchimento dos vazios dos agregados graúdos pelo material de enchimento.

Quando for necessário a execução em mais de uma camada, a espessura mínima de cada camada deverá ser de no mínimo 10 cm.

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de brita graduada simples, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.7 da especificação.

5.2 Condições Gerais

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

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

A superfície deve estar perfeitamente limpa, desempenada e sem excessos de umidade antes da execução da sub-base ou base de macadame hidráulico.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Durante todo o tempo de execução da sub-base ou base de macadame hidráulico, 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.

Não é admitida a complementação da espessura desejada pela adição excessiva de finos, os quais, acumulados sobre o agregado graúdo, possibilitam o aparecimento de trincas, escorregamentos e deformações no revestimento;

Quando se desejar camadas de bases ou sub-bases de espessura superior a 25 cm, os serviços devem ser executados em mais de uma camada de espessuras iguais, conforme instruído no item 5.1.

No caso de construção em meia pista, é obrigatório o uso de formas ao longo do eixo da estrada; as formas devem ser metálicas ou de madeira, com espessura de no mínimo 5 cm.

5.3 Preparo da Superfície

Os eventuais defeitos da superfície da camada subjacente devem ser necessariamente reparados antes da execução da base ou sub-base.

Caso a execução do macadame hidráulico não seja realizado logo após a camada de apoio subjacente e está tenha sido exposta a chuvas, para execução do macadame hidráulico é necessária uma nova avaliação de suas características, a saber:

a) O teor de umidade da camada subjacente deverá estar no máximo 3% acima do teor ótimo de compactação preconizado em seu projeto. Caso o teor de umidade seja superior, a camada deverá secar ou ser retrabalhada, até que sua condição de umidade atenda ao limite;

b) Após o teor de umidade estar dentro do limite, efetuar a compactação se a camada for retrabalhada e, posteriormente, o controle do grau de compactação, tanto na camada seca ao ar quanto na camada retrabalhada, que deverá atender ao projeto da camada subjacente;

c) Nas regiões que não atendam o grau de compactação por terem sido danificadas pelas chuvas, a camada subjacente deverá ser retrabalhada para atender seu projeto, antes da distribuição do machadem hidráulico.

5.4 Camada de Isolamento ou Bloqueio

A camada de isolamento aplica-se aos casos em que o macadame hidráulico é executado diretamente sobre o material que apresente mais do que 35%, em peso, passando na peneira de abertura de 0,074 mm, nº 200. Sua execução tem por objetivo evitar que o agregado graúdo penetre no material subjacente e que, como consequência, os finos existentes sejam bombeados e venham a contaminar a camada a executar.

Esta camada deve ser executada na largura da pista e deve possuir espessura de 4,0 cm após a compactação, com tolerância de mais um centímetro.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O espalhamento do material de bloqueio deve ser executado por motoniveladora. A acomodação da camada deve ser feita pela compactação, com emprego de rolo estático liso, preferencialmente, em uma ou, no máximo, duas coberturas.

5.5 Aplicação do Agregado Graúdo

Após a operação de carregamento e transporte por meio de caminhões basculantes, deve-se fazer o espalhamento em uma camada de espessura uniforme e homogênea, com o uso do distribuidor de agregados. Devem-se evitar processos que levem à segregação ou excesso de material.

O espalhamento do material deve ser executado de forma que as juntas longitudinais não fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas e as juntas transversais não fiquem no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas de pavimento.

Após o espalhamento do agregado graúdo, deve-se executar a verificação do greide longitudinal da seção transversal com cordéis ou gabaritos; caso ocorra deficiência ou excesso de material, deve-se efetuar a correção pela adição ou remoção do material. Onde ocorrer deficiência de material, utilizar sempre agregado graúdo representativo e de boa qualidade, sendo vetado o uso de agregado miúdo.

Os fragmentos alongados, lamelares ou de tamanho excessivo, existentes e visíveis na superfície do agregado espalhado devem ser removidos, e se necessário recomposto com agregado graúdo de boa qualidade.

5.6 Compactação do Agregado Graúdo

A compactação inicial deve ser feita mediante emprego de rolo de três rodas liso de 10 a 12 toneladas, em marcha ré, com velocidade reduzida de 30 a 40 m por minuto, ou rolo liso vibratório, aprovado pela fiscalização. Esta operação inicial deverá ser realizada a seco.

Nos trechos em tangente, a compactação deve partir sempre das bordas para o eixo, e, nas curvas, da borda interna para a borda externa. Em cada passada, o equipamento utilizado deve recobrir, ao menos, a metade da faixa anteriormente compactada.

Eventuais manobras do equipamento de compactação que impliquem variações direcionais prejudiciais devem se processar fora da área de compactação.

A operação de compactação deve prosseguir até que se consiga um bom entrosamento do agregado graúdo, que é normalmente obtida após duas ou três coberturas completas.

Após se obter a cobertura completa da área em compactação, deve-se realizar nova verificação do greide longitudinal e da seção transversal, efetuando-se, com o próprio agregado graúdo, as correções necessárias.

Em lugares inacessíveis ao equipamento de compactação ou onde seu emprego não for recomendável, a compactação requerida deve ser feita à custa de compactadores portáteis, manuais ou sapos mecânicos.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.7 Operação de Enchimento e Travamento

O material de enchimento deve ser distribuído com motoniveladora ou distribuidor de agregados, o mais seco possível em camadas finas, em quantidade suficiente para preencher os vazios do agregado graúdo.

O espalhamento do material de enchimento é seguido da varrição manual ou mecânica, e da compactação, estas operações são realizadas uma ou mais vezes até que não haja mais penetração do material de enchimento a seco nos vazios do agregado graúdo.

Quando não for mais possível a penetração do material de enchimento a seco, deve-se iniciar a irrigação da camada. Simultaneamente com a irrigação deve-se espalhar mais material de enchimento e prosseguir com as operações de compactação.

A irrigação e a aplicação do material de enchimento devem prosseguir até que se forme, na frente do rolo, uma pasta de material de enchimento e água, fazendo com que a água ondule a frente do rolo.

A compactação é dada como concluída quando desaparecerem as ondulações da camada à frente do rolo e esta se apresente estável e compacta.

Após a limpeza da pista, caso se trate de camada de base, deve ser feito o umedecimento e nova rolagem de acabamento com rolo liso vibratório, preparando-se a base para sua impermeabilização através dos serviços de imprimação.

5.8 Abertura ao Tráfego

Concluída a compactação, a camada deve ser aberta ao tráfego da obra e dos usuários, de forma controlada e direcionada, mantendo-se a superfície umedecida. Esta etapa deve estender-se por período suficiente que permita a verificação de eventuais problemas localizados de travamento deficiente. Caso ocorram deficiências de travamento, devem ser executadas as correções pertinentes.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Agregado Graúdo

Devem ser executados os seguintes ensaios:

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974[(1)]; 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

b) índice de forma e partículas lamelares, conforme DNIT 425/2020 – ME [(2)]; 1 ensaio a cada 1.500 m² de pista e sempre que houver variação da natureza do material;

c) durabilidade com sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089[(3)]; 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

d) granulometria, conforme NBR 17054[6], das amostras coletadas na pista após espalhamento do material, 2 ensaios por jornada de trabalho; as amostras devem ser coletadas com intervalo mínimo de 4 horas.

6.1.2 Agregados para Enchimento e Isolamento ou Bloqueio

Devem ser executados os seguintes ensaios nos materiais utilizados para enchimento e isolamento ou bloqueio:

a) granulometria, conforme NBR 17054[6], das amostras coletadas na pista após espalhamento do material, 2 ensaios por jornada de trabalho; as amostras devem ser coletadas com intervalo mínimo de 4 horas;

b) equivalente de areia, determinado conforme NBR 12052[4]; 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho;

c) na fração que passa na peneira de abertura 0,42 mm, nº 40, realizar: 1 ensaio de limite de liquidez, determinado conforme NBR 6459[5], e um ensaio de limite de plasticidade, conforme NBR 7180[7]; 1 ensaio a cada 1.500 m² de pista.

6.2 Controle de Execução

O controle da execução da sub-base ou base de macadame hidráulico deve ser realizado através de inspeção visual nos estoques de agregados, na operação de carregamento e nas operações de pista, como espalhamento, irrigação e compactação a seco e com irrigação, através dos seguintes procedimentos:

a) verificar a uniformidade e espessura da camada de bloqueio conforme projeto;

b) a operação de carregamento dos materiais estocados pela ação da pá carregadeira deve ser realizada de forma criteriosa, em particular para os agregados graúdos que contenham alguma presença de finos; devem ser evitadas as zonas do depósito de agregado graúdo que contenham:

- alta concentração de finos;
- fragmentos lamelares ou fragmentos equigranulares de diâmetros intermediários, ambos de difícil travamento.

c) a compactação a seco deve prosseguir até se verifique o perfeito entrosamento dos agregados;

d) verificação da irrigação e a aplicação do material de enchimento. Estas operações devem prosseguir até que se forme, na frente do rolo, uma pasta de material de enchimento e água, fazendo com que a água ondule a frente do rolo

e) a compactação final da camada é dada como concluída quando:

- a compactação é dada como concluída quando desaparecerem as ondulações da camada à frente do rolo e esta se apresente estável e compacta;
- ao se colocar uma pedra de cerca de 2”, constatar-se o seu esmagamento pela passagem do rolo compactador, sem que esta penetre na camada.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

f) verificação visual da superfície da camada, quanto à deficiência de travamento ou ao excesso de finos.

g) Verificar a penetração do material de enchimento, a cada 300m de extensão, através da abertura de uma janela, na menor dimensão possível, para retirada dos agregados graúdos e avaliação visual do preenchimento de vazios dos agregados graúdos pelo material de enchimento, em toda a espessura da camada executada.

6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

A espessura da camada e a diferença de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal a cada 20 m, conforme nota de serviço.

6.3.2 Controle da Largura e Alinhamento

A verificação do eixo e bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena, executadas pelo menos a cada 20 m.

6.3.3 Controle do Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação.

6.4 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada, a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[(8)], ou FWD – *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[(9)].

7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente às exigências de materiais e de execução, estabelecidas nesta especificação, discriminadas a seguir.

7.1 Materiais

7.1.1 Agregado Graúdo

O agregado graúdo é aceito desde que:

a) os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, indicie de lamelaridade, perda de durabilidade atendam aos estabelecidos no item 3.1;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) os valores da granulometria obtidos estatisticamente, por controle bilateral, conforme anexo B, para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, apresentem variação dentro da faixa de tolerância, definida pela faixa de trabalho do agregado.

7.1.2 Agregados para Enchimento e Camada de Isolamento

O agregado miúdo é aceito desde que:

a) os resultados individuais do equivalente de areia sejam iguais ou maiores que 55%;

b) os resultados individuais limite de liquidez e índice de plasticidade, da fração do material que passa na peneira n.º40, sejam menores ou iguais a 25% e 6%, respectivamente.

c) os resultados da granulometria da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, devem apresentar variação máxima definida pela faixa de trabalho correspondente.

7.2 Execução

7.2.1 Estocagem, Espalhamento e Compactação

Os serviços são aceitos desde que:

a) as condições de estocagem dos agregados sejam consideradas satisfatórias, isto é:

- não haja contaminação com materiais estranhos;
- haja adequada separação entre os depósitos de agregados correspondentes às diversas bitolas produzidas.

b) a camada de bloqueio é aceita quando seu espalhamento for uniforme, com espessura definida e projeto e;

c) a compactação da camada é aceita quando estiverem atendidas as premissas expendidas no item 6.2.

7.2.2 Geometria

Os serviços executados são aceitos, quanto à geometria, desde que:

a) as variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo de -2 cm a +1 cm em relação à de projeto;

b) não se obtenham diferenças nas espessuras superiores a 10% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

c) a espessura determinada estatisticamente através, controle bilateral, conforme anexo B, situe-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

d) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma inferiores às de projeto;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

e) o abaulamento transversal esteja compreendido na faixa de ± 0,5 % em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem o acúmulo de água.

O acabamento da superfície é aceito desde que a variação máxima entre dois pontos de contato de qualquer uma das réguas e a superfície da camada seja inferior a 0,5 cm.

7.3 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para número mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto.

8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir, são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente a serem observados no decorrer da execução da sub-base e base de macadame hidráulico.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

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

a) para as áreas de apoio necessárias à execução dos serviços, devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

e) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e arvores.

g) deve-se 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;

h) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

i) instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

8.2 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibido a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na base e sub-base de macadame hidráulico junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

g) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume deve ser calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme preço unitário contratual respectivo, nos quais se incluem: o fornecimento de materiais, preenchimento, perdas, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, compactação e acabamento, abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

A camada de bloqueio ou isolamento, quando constituída, não é remunerada em separado.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.04.06.01 - Sub-base ou base de macadame hidráulico	m³

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão *Los Angeles*. Rio de Janeiro, 2022.

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 - ME**. Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 089**. Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

5 ____. **NBR 6459.** Solo - Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

6 ____. **NBR 17054**. Agregados - Determinação da composição granulométrica - Método de ensaio – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

7 ____.**NBR 7180.** Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

8 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

9 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo *Falling Weight Deflectometer* – FWD. Rio de Janeiro, 1996.

_____

/ANEXO A

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
ENSAIO	**MÉTODO**	**FREQUÊNCIA**	**CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS**	**ACEITAÇÃO**
1.1 Agregado Graúdo				
Abrasão Los Angeles	NBR 16974(1)	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra, e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	< 50%
Índice de forma	DNIT 425/2020(2) - ME		Resultados individuais	Índice de forma ≥ 0,5
Durabilidade com sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em 5 ciclos	DNER ME 089(3)		Resultados individuais	Sulfato de sódio ≤ 20% Sulfato de Magnésio ≤30%
Análise granulométrica	NBR 17054(6)	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho, em amostras coletadas após o espalhamento do material, com intervalo mínimo de 4 horas	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Valores obtidos estatisticamente devem estar dentro dos limites da faixa de trabalho do agregado
1.2 Agregado para Enchimento e Isolamento				
Análise granulométrica	NBR 17054(6)	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho, em amostras coletadas após o espalhamento do material, com intervalo mínimo de 4 horas	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Valores obtidos estatisticamente devem estar dentro dos limites da faixa de trabalho do agregado
Equivalente de areia	NBR 12052(4)	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	≥ 55%
Limite de Liquidez Limite de Plasticidade	NBR 6459(5) NBR 7180(7)	1 determinação a cada 1500m² de pista	Resultados individuais	LL ≤ 25% e IP ≤ 6%

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2. CONTROLE DA EXECUÇÃO				
Verificação operação de carregamento, com pá carregadeira	Visual	Todo carregamento	Resultados individuais	Evitar zonas de alta concentração de finos, equigranulares de diâmetros intermediários.
Verificação da compactação a seco	visual	Em cada faixa compactada		Verifique-se o perfeito entrosamento dos agregados
Verificação da irrigação e a aplicação do material de enchimento.	Visual		Resultados individuais	Estas operações devem prosseguir até que se forme, na frente do rolo, uma pasta de material de enchimento e água, fazendo com que a água ondule a frente do rolo
Verificação da compactação final da camada	Visual		Resultados individuais	A compactação é dada como concluída quando: Desaparecerem as ondulações da camada à frente do rolo e esta se apresente estável e compacta. Ao se colocar uma pedra de cerca de 2”, constatar-se o seu esmagamento pela passagem do rolo compactador, sem que esta penetre na camada.
Verificação da superfície da camada, quanto à deficiência de travamento ou ao excesso de finos	Visual		Resultados individuais	Não ocorra excessos de finos na superfície e não se verifique falta de entrosamento dos agregados
Verificar a penetração do material de enchimento, a cada 300m de extensão	Visual		Resultados individuais	Verificar, através de aberturas de janelas, se o material de preenchimento completou os vazios dos agregados graúdos

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE GEOMÉTRICO				
Cotas	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários.	Resultados individuais	Variação das cotas no eixo longitudinal e das bordas, nas seções transversais não devem ser superiores a - 2,0 à +1,0 cm das cotas de projeto. O abaulamento da seção transversal deve estar compreendido de ±0,5%, em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem acúmulo de água.
Espessura			Resultados individuais Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada. A espessura determinada estatisticamente deve estar compreendida no intervalo de ± 5% em relação a espessura prevista em projeto
Largura e alinhamentos da plataforma	Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados individuais	Não se admite valores para semiplataforma inferiores aos previstos em projeto, tolerando-se +10 cm na semilargura.
Acabamento da superfície	Duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada.	A cada 20 m	Resultados individuais	A variação máxima admitida, entre dois pontos de contado, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5cm.

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[8] ou FWD DNER PRO 273[9]	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0;	Controle Unilateral $\bar{X} = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve a estabelecida em projeto

/ANEXO B

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela B-1 – 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 $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

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

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.