



**MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM**  
**DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - IPR**  
**DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA**  
Rodovia Presidente Dutra km 163 - Centro Rodoviário, Parada de Lucas  
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-330  
**Norma rodoviária**  
**Especificação de Serviço**  
**DNER-ES 316/97**  
**p. 01/10**

## **Pavimentação - base de macadame hidráulico**

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução da camada de base de macadame hidráulico utilizando materiais britados (pedra, seixo rolado, escória, etc.) e agregados de enchimento adensados pela água e estabelece os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade dos materiais empregados e da execução, além dos critérios para a aceitação e rejeição dos serviços.

### **ABSTRACT**

This document presents procedures for hydraulic macadam base pavement construction. It presents requirements concerning materials, equipment, execution, ambiental preserving, quality control and the criteria for acceptance and rejection of the services.

### **SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definição

- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Inspeção
- 8 Critérios de medição

### **0 PREFÁCIO**

Esta Norma estabelece a sistemática a ser empregada na execução e no controle da qualidade do serviço em epígrafe.

### **1 OBJETIVO**

Estabelecer os procedimentos a serem empregados na execução de base de macadame hidráulico empregando uma ou mais camadas de agregados britados, de partículas entrosadas umas às outras, e material de enchimento, adensados com ajuda de água. As camadas são submetidas à compressão e construídas sobre o subleito preparado ou sub-base, de acordo com os alinhamentos de greide e seção transversal do projeto.

**Macrodescriptores MT** : pavimentação

**Microdescriptores DNER** : camada pavimento, base de macadame hidráulico

**Palavras-chave IRRD/IPR** : base (2961), macadame hidráulico (4921)

**Descriptores SINORTEC** : camada pavimento, macadame hidráulico, pavimentos flexíveis

Aprovado pelo Conselho Administrativo em: 05/03/97, Resolução n° 16/97, Sessão n° CA/08/97

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Substitui a DNER-ES-P 46/71

Processo n°51100000912/97-63

Revisão e Adaptação à DNER-PRO 101/97,  
Aprovada pela DrDTc em 06/11/97

## 2 REFERÊNCIAS

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

- a) DNER-ME 024/94 - Pavimento - determinação das deflexões pela viga Benkelman;
- b) DNER-ME 035/94 - Agregados - determinação da abrasão "Los Angeles";
- c) DNER-ME 054/94 - Equivalente de areia;
- d) DNER-ME 080/94 - Solos - análise granulométrica por peneiramento;
- e) DNER-ME 082/94 - Solos - determinação do limite de plasticidade;
- f) DNER-ME 083/94 - Agregados - análise granulométrica;
- g) DNER-ME 089/94 - Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- h) DNER-ME 122/94 - Solos - determinação do limite de liquidez - método de referencia e método expedito;
- i) DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- j) DNER - Manual de Pavimentação, 1996;
- l) DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

## 3 DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta Norma, é adotada a definição seguinte:

Base de macadame hidráulico - camada de pavimento constituída por uma ou mais camadas de agregados graúdos com diâmetro variável de 3 ½ pol a 1/2 pol (88,9mm a 12,7mm), compactadas, com as partículas firmemente entrosadas uma às outras, e os vazios preenchidos por material de enchimento, com ajuda lubrificante da água.

## 4 CONDIÇÕES GERAIS

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

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 Material

Os materiais constituintes da camada de base de macadame hidráulico são agregados minerais (agregado graúdo, agregado de enchimento, agregado da camada de bloqueio), e devem satisfazer esta Norma.

#### 5.1.1 Agregado graúdo

5.1.1.1 O agregado graúdo, constituído por pedra britada, pedregulho ou cascalho, britados, é submetido aos ensaios de:

- a) Granulometria do agregado (DNER-ME 083);
- b) Ensaio de durabilidade (DNER-ME 089);
- c) Ensaio Los Angeles (DNER-ME 035).

5.1.1.2 Devem apresentar as seguintes condições:

a) a granulometria do agregado graúdo deve satisfazer a uma das seguintes faixas com as respectivas tolerâncias:

Peneiras		% em peso, passando			
pol.	mm	A	B	C	Tolerâncias da faixa de projeto
4	101,6	100	-	-	± 7
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	0-5	0-5	-	± 7
1/2	12,7	-	-	0-5	± 7
espessura máxima das camadas		25cm	20cm	20cm	± 10%

O agregado graúdo deverá ter diâmetro máximo compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final de cada camada executada, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais.

- b) apresentar uma perda máxima de 20% no ensaio de durabilidade com sulfato de sódio e de 30% com sulfato de magnésio;
- c) desgaste Los Angeles inferior a 50%, admitindo-se valores maiores no caso de em utilização anterior o agregado tiver comprovado desempenho satisfatório;
- d) o pedregulho ou o cascalho britados devem apresentar, no mínimo, 75% em peso de partículas com duas faces obtidas na britagem.

5.1.2 Agregado para enchimento

5.1.2.1 O agregado para enchimento constituído pelos finos, resultados da britagem (pó de pedra) ou por materiais naturais beneficiados ou não, é submetido aos ensaios de:

- a) Granulometria de solos (DNER-ME 080);
- b) Ensaio de limite liquidez (DNER-ME 122);
- c) Ensaio de limite plasticidade (DNER-ME 082);
- d) Equivalente de areia (DNER-ME 054).

5.1.2.2 Deve satisfazer as condições seguintes:

- a) a granulometria do agregado para enchimento deve satisfazer às seguintes faixas com as respectivas tolerâncias:

Peneiras		% em peso, passando		
pol.	mm	A	B	Tolerâncias da faixa de projeto
3/4	19,1	100	-	± 7
1/2	12,7	85-100	-	± 7
3/4	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 fração que passa na peneira nº 40 deve apresentar um limite de liquidez inferior ou igual a 25% e um índice de plasticidade inferior ou igual a 6%;

- c) o equivalente de areia mínimo deverá ser de 55%.

5.1.3 Agregado da camada de bloqueio

5.1.3.1 O agregado da camada de bloqueio é submetido aos ensaios de:

- Granulometria de solos (DNER-ME 080);
- Ensaio limite de liquidez (DNER-ME 122);
- Ensaio limite de plasticidade (DNER-ME 082);
- Equivalente de areia (DNER-ME 054).

5.1.3.2 Deve satisfazer às seguintes condições:

- a) a granulometria do agregado da camada de bloqueio deve satisfazer às seguintes faixas com as respectivas tolerâncias:

Peneiras		% em peso, passando		
pol.	mm	A	B	Tolerâncias da faixa de projeto
3/4"	19,1	100	-	± 7
1/2"	12,7	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	± 3
Nº 200	0,74	0-8	0-12	± 2
espessura mínima da camada		4cm	4cm	± 1cm

- b) o índice de plasticidade da fração que passa na peneira nº 40 deve ser inferior a 6%;

- c) o equivalente de areia mínimo deverá ser de 55%.

## 5.2 Equipamento

### 5.2.1 São indicados os seguintes:

- a) distribuidores de agregados rebocáveis ou automáticos possuindo dispositivos que permitam um espalhamento homogêneo da quantidade de material desejado;
- b) motoniveladora pesada;
- c) rolo compressor do tipo liso de três rodas ou tandem de 10t a 12t, ou liso-vibratório, e rolos de pneus pesados de pressão variável;
- d) carro tanque distribuidor de água com capacidade adequada devidamente equipado;
- e) equipamentos auxiliares compostos de vassouras mecânicas, soquetes mecânicos, pequenas ferramentas, vassourões, etc.

## 5.3 Execução

### 5.3.1 Camada de bloqueio

Sempre que o material da camada subjacente tiver mais de 35 % em peso passando na peneira n° 200, deverá ser executada, antes do primeiro espalhamento do agregado graúdo, uma camada de bloqueio em toda a largura da plataforma, compreendendo pista e acostamento, com a espessura mínima de  $4\text{cm} \pm 1\text{cm}$ .

### 5.3.2 Acostamentos

Quando a base de macadame hidráulico não for construída em toda a largura da plataforma, deverá ser prevista nos acostamentos a construção de uma camada com permeabilidade igual ou maior que a base, ou então a construção de drenos sub-superficiais que assegurem a drenagem da mesma.

### 5.3.3 Base

#### 5.3.3.1 Deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) não será permitida a abertura de caixa no subleito para execução da base de macadame hidráulico;
- b) o agregado graúdo será espalhado em uma camada de espessura uniforme, solta e disposta de modo a obter-se a espessura comprimida especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis projetados. O espalhamento deverá ser feito evitando a segregação das partículas de agregado;
- c) no caso de construção de meia pista, será obrigatório o uso de fôrmas ao longo do eixo da estrada, para contenção da camada de base;

- d) no caso da construção em duas etapas, a linha de junção das duas meias-pistas inferiores não deverá coincidir com a das duas meias-pistas superiores;
- e) não será permitida a descarga do agregado em pilhas ou cordões, devendo o espalhamento ser feito diretamente através do equipamento espalhador, em espessura a mais uniforme possível, seguido de acerto definitivo com a motoniveladora, quando necessário;
- f) depois do espalhamento e acerto do agregado graúdo, será feita a verificação do greide longitudinal e seção transversal com cordéis, gabarito etc., sendo, então corrigidos os pontos com excesso ou deficiência de material; nesta operação deverá ser usada brita com a mesma granulometria da usada na camada em execução, sendo vedado o uso da brita miúda para tal fim;
- g) os fragmentos alongados, lamelares, ou de tamanhos excessivos, visíveis na superfície do agregado espalhado, deverão ser removidos;
- h) a compressão inicial deverá ser feita de modo que a roda dos rolos se apoiem, igualmente, na base e no acostamento quando esta for construída junto com o acostamento. Em qualquer faixa, esta passagem deve ser feita em marcha-ré e a velocidade reduzida (1,8 km/h a 2,4 km/h), devendo, também, as manobras do rolo serem realizadas fora da base em compressão. Nos trechos em tangente, a compressão deve partir sempre dos bordos para o eixo e, nas curvas, do bordo interno para o bordo externo. No caso de fôrmas para contenção lateral da camada de base, estas deverão ser fixadas para superar os esforços do equipamento de compressão sem se deformarem;
- i) em cada deslocamento do rolo compressor, a faixa anteriormente comprimida deve ser recoberta de, pelo menos, metade da largura da roda do rolo;
- j) após obter-se a cobertura completa da área em compressão deverá ser feita nova verificação do greide longitudinal e seção transversal, efetuando-se as correções necessárias;
- l) a operação de compressão deverá prosseguir até que se consiga um bom entrosamento do agregado graúdo, o que poderá ocorrer com duas ou três coberturas completas;
- m) o material de enchimento deverá ser, a seguir, espalhado em camadas finas, em quantidade suficiente para encher os vazios do agregado já parcialmente comprimido;
- n) a aplicação do material de enchimento deverá ser feita em camadas sucessivas, durante o que se deve continuar a compressão, e forçar a sua penetração nos vazios do agregado graúdo por meio de vassouras manuais ou mecânicas;
- o) quando não for mais possível a penetração do material de enchimento a seco, deverá ser dado o início a irrigação da base, ao mesmo tempo que se espalha mais material de enchimento e se prossegue com as operações de compressão;
- p) a irrigação e aplicação do material de enchimento deverão prosseguir até que se forme na frente do rolo uma pasta de material de enchimento e água;
- r) será dada como terminada a compressão quando desaparecem as ondulações na frente do rolo e a base se apresentar completamente firme;

- r) quando a construção da base de macadame hidráulico for feita em duas etapas, a primeira camada deverá estar completamente seca antes de iniciar-se a execução da segunda;
- s) terminada a construção da base de macadame hidráulico deve-se deixá-la secar, antes de entregá-la ao tráfego, ocasião em que será recoberta com um pouco de material de enchimento, recobrimento este que deve ser mantido durante todo o tempo em que a base estiver exposta ao tráfego, com novos acréscimos quando necessários, durante um período de sete a 15 dias, antes da execução do revestimento. O período citado terá por finalidade revelar pontos fracos da base que deverão ser corrigidos antes da execução do revestimento.

## 6 MANEJO AMBIENTAL

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

### 6.1 Na exploração das ocorrências de materiais

6.1.1 Atender às recomendações preconizadas na DNER-ES 281/97 e DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

6.1.2 Adotar os seguintes cuidados na exploração das ocorrências de materiais:

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

6.1.2.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.

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

6.1.2.4 Impedir queimadas como forma de desmatamento.

6.1.2.5 Seguir as recomendações da DNER-ES 279/97, na implantação das estradas de acesso.

6.1.2.6 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.

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

### 6.2 Na execução

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

6.2.2 Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural.

6.2.3 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.

## 7 INSPEÇÃO

### 7.1 Controle da qualidade do material

Todo o material utilizado na construção do macadame hidráulico deverá ser verificado antes do seu espalhamento e/ou a aplicação na pista. Assim sendo, deverão ser realizadas verificações de qualidade para os materiais da camada de bloqueio, do agregado graúdo e do material de enchimento na sua origem, com amostras coletadas de uma maneira aleatória.

#### 7.1.2 Camada de bloqueio

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia deverão atender ao especificado em 5.1.3.

#### 7.1.3 Agregado graúdo

Ensaio de granulometria, ensaio de durabilidade e ensaio de abrasão Los Angeles conforme especificado em 5.1.1. Os ensaios de durabilidade e de abrasão Los Angeles só serão realizados quando houver variação aparente ou dúvidas verificadas no decorrer dos serviços, referentes aos valores adotados para definição da qualidade do agregado.

#### 7.1.4 Agregado para enchimento

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia deverão atender ao especificado em 5.1.2.

### 7.2 Controle da Execução

#### 7.2.1 Verificações visuais da compressão

A compressão da base de macadame hidráulico é verificada visualmente através dos seguintes expedientes:

- a) uma verificação após o término de cada compressão, antes da colocação do material de enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não, de sulco ou ondulação antes da colocação do material de enchimento;
- b) uma verificação de enchimento dos vazios, após concluídos os serviços com material seco, com irrigação, pela constatação de uma pequena onda à frente do rolo, quando este se deslocar sobre a base;
- c) uma verificação da compactação final, pela colocação à frente do rolo compressor de uma pedra de tamanho razoável, constatando o esmagamento da mesma pelo rolo sem penetrar na base.

#### 7.2.2 Verificação adicional da compressão através de medidas de deflexão

7.2.2.1 Após o término da compressão poderão também serem efetuadas medidas de deflexão sobre a base ainda úmida dos segmentos concluídos (DNER-ME 024), em locais aleatórios. Os valores medidos e analisados estatisticamente deverão ser aqueles definidos pelo projeto, para o topo da camada.

7.2.2.2 O número mínimo de medidas nos segmentos compactados será definido pelo Executante em função de risco de se rejeitar um serviço de boa qualidade, conforme a “Tabela de Amostragem Variável” apresentada a seguir:

Tabela de Amostragem Variável														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
$\alpha$	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n <sup>o</sup> de amostras,			k = coeficiente multiplicador,					$\alpha$ = risco do Executante.						

### 7.3 Verificação final da qualidade

#### 7.3.1 Controle geométrico

Após a execução da base de macadame hidráulico, procede-se à relocação e nivelamento do eixo e dos bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- $\pm 10$ cm, quanto à largura da plataforma;
- até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- $\pm 10$ %, quanto à espessura do projeto da camada.

#### 7.4 Aceitação e rejeição

7.4.1 Os ensaios de caracterização, equivalente de areia e de granulometria do item 7.1 deverão estar de acordo com as especificações do item 5.1, com as respectivas tolerâncias.

7.4.2 Deverão ser verificadas as condições visuais de compactação do subitem 7.2.1, alíneas (a), (b) e (c).

7.4.3 A análise dos resultados de controle do material de execução deverá atender ao seguinte:

- Para os ensaios de granulometria de agregado graúdo, camada de bloqueio e agregado de enchimento em que são especificadas uma faixa de valores mínimos e máximos com as respectivas tolerâncias, deve-se verificar o seguinte:

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

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

Sendo:

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

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

Onde:

$X_i$  - valores individuais.

$\bar{X}$  - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

b) Para os ensaios de equivalente de areia e de determinação em que é especificado um valor mínimo a ser atingido, deve-se verificar a condição seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$  - rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$  - aceita-se o serviço.

c) Para os ensaios de Limite de liquidez e Índice de plasticidade, em que é especificado um valor máximo a ser atingido, deve-se verificar a condição seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$  - rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$  - aceita-se o serviço.

7.4.4 Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

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

## 8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Os serviços aceitos serão medidos de acordo com os critérios seguintes:

8.1 A camada de base de macadame hidráulico será medida em metro cúbico de material compactado na pista e segundo a seção transversal do projeto, incluindo mão de obra, encargos, equipamentos, as operações de limpeza e expurgo das ocorrências de materiais, escavação, transporte, compra de materiais, espalhamento, umedecimento, compressão e acabamento na pista.

8.2 No cálculo dos volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, serão consideradas a espessura e largura médias calculadas de acordo com o item 7.3 - Controle geométrico.

8.3 Quando a espessura e largura média forem inferiores à espessura e largura do projeto, será considerado o valor das mesmas e, quando estas forem superiores, serão consideradas a espessura e largura do projeto.