

## Pavimentos flexíveis – Macadame hidráulico – Especificação de serviço

**Autor:** Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

**Processo:** 50607.000138/2009-02

**Origem:** Revisão da Norma DNER - ES 316/97.

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de / / .**

*Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.*

**Palavras-chave:**

Pavimentação, Macadame, Hidráulico

**Nº total de  
páginas**  
9

### Resumo

Este documento define a sistemática empregada na execução da camada de macadame hidráulico, utilizando materiais britados (pedra, seixo rolado, escória, etc.) e agregados de enchimento adensados por molhagem ou compressão.

São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, inclusive plano de amostragem e de ensaios, manejo ambiental, controle de qualidade, condições de conformidade e não-conformidade e os critérios de medição dos serviços.

### Abstract

This document presents procedures for pavement hydraulic macadam layer construction.

It includes the requirements concerning materials, the equipment, the execution, includes also a sampling plan, and essays, environmental management, quality control, and the conditions for conformity and non-conformity and the criteria for the measurement of the performed jobs.

### Sumário

Prefácio .....	1
1 Objetivo .....	1
2 Referências normativas .....	2

3 Definição .....	2
4 Condições gerais .....	2
5 Condições específicas .....	2
6 Manejo ambiental .....	3
7 Inspeções .....	3
8 Critérios de medição .....	8
Índice geral .....	9

### Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX, para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada para os serviços de execução e controle da qualidade das camadas de macadame hidráulico das rodovias federais. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO, cancela e substitui a Norma DNER-ES 316/97.

### 1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer os procedimentos a serem empregados na implantação, de camadas de macadame hidráulico, como parte integrante do pavimento de uma rodovia.

## 2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER-ME 024/94*: pavimento - determinação das deflexões pela viga benkelman. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- b) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 035/98*: agregados - determinação do "abrasão los angeles". Rio de Janeiro: IPR, 1998.
- c) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 054/97*: areia - equivalente de areia. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- d) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 080/94*: solo - análise granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- e) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 082/94*: solos - determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- f) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 083/98*: agregado - análise granulométrica. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- g) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 089/94*: agregado - avaliação da durabilidade pelo emprego de solução de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- h) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 122/94*: solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- i) \_\_\_\_\_. *DNER-PRO 277/97*: metodologia para controle estatístico de obras e serviços. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- j) BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura rodoviária. *DNIT 001/2009 - PRO*: elaboração e apresentação de normas do DNIT: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- k) \_\_\_\_\_. *DNIT 011/2004-PRO*: gestão de qualidade em obras rodoviárias: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

- l) \_\_\_\_\_. *DNIT 013/2004-PRO*: requisitos para a qualidade em obras rodoviárias: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- m) \_\_\_\_\_. *DNIT 070/2006-PRO*: condicionantes ambientais das áreas de uso de obras: procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2006.

## 3 Definição

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

### 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 (88,9 mm a 12,7 mm), compactadas, com as partículas firmemente entrosadas umas às outras, e os vazios preenchidos por material de enchimento, com ajuda lubrificante da água.

## 4 Condições gerais

- 4.1 Não permitir a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.
- 4.2 É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

## 5 Condições específicas

### 5.1 Material

Os materiais constituintes da camada 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

- a) O agregado graúdo, constituído por pedra britada, pedregulho ou cascalho, britados, é submetido aos ensaios de:
  - Granulometria do agregado (DNER-ME 083/98);
  - Ensaio de durabilidade (DNER-ME 089/94);

- Ensaio Los Angeles (DNER-ME 035/98).

b) Devem apresentar as seguintes condições:

- 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.
- Apresentar uma perda máxima de 20% no ensaio de durabilidade com sulfato de sódio e de 30% com sulfato de magnésio;
- Desgaste Los Angeles inferior a 50%, admitindo-se valores maiores no caso de em utilização anterior o agregado tiver comprovado desempenho satisfatório;
- 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

a) 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:

- Granulometria de solos (DNER-ME 080/94);
- Ensaio de limite liquidez (DNER-ME 122/94);
- Ensaio de limite plasticidade (DNER-ME 082/94);
- Equivalente de areia (DNER-ME 054/97).

c) Deve satisfazer as condições seguintes:

- 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
N° 4	4,8	-	85-100	± 5
N° 10	2,0	55-70	65-83	± 5
N° 40	0,42	30-50	35-50	± 3

- A fração que passa na peneira n° 40 deve apresentar um limite de liquidez inferior ou igual a 25% e um índice de plasticidade inferior ou igual a 6%;
- O equivalente de areia mínimo deverá ser de 55%.

#### 5.1.3 Agregado da camada de bloqueio

a) O agregado da camada de bloqueio é submetido aos ensaios de:

- Granulometria (DNER-ME 080/94);
- Ensaio limite de liquidez (DNER-ME 122/94);

- Ensaio limite de plasticidade (DNER-ME 082/94);
  - Equivalente de areia (DNER-ME 054/97).
- b) Deve satisfazer às seguintes condições:
- 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

- O índice de plasticidade da fração que passa na peneira nº 40 deve ser inferior a 6%;
- O equivalente de areia mínimo deverá ser de 55%.

## 5.2 Equipamento

São indicados os seguintes:

- a) Distribuidores de agregados rebocáveis ou autopropelidos possuindo dispositivos que permitam espalhamento homogêneo da quantidade de material desejado;
- b) Motoniveladora pesada;
- c) Rolo compressor do tipo liso de três rodas ou tandem de 10 t a 12 t, 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 nº 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 de 4 cm ± 1 cm.

### 5.3.2 Acostamentos

Quando a camada 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 deste, ou então a construção de drenos sub-superficiais que assegurem a drenagem da mesma.

### 5.3.3 Camada de macadame hidráulico

Deve cumprir os seguintes requisitos:

- a) Não será permitida a abertura de caixa no subleito para execução da camada 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 macadame hidráulico;
- 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 usado agregado 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 pista 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 camada 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, 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;
- k) 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;
- l) O material de enchimento deverá ser, a seguir, espalhado em camadas finas, em quantidade suficiente para encher os vazios do agregado já parcialmente comprimido;
- m) 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;
- n) Quando não for mais possível a penetração do material de enchimento a seco, deverá ser dado o início à irrigação da camada, ao mesmo tempo que se espalha mais material de enchimento e se prossegue com as operações de compressão;
- o) 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;
- p) Será dada como terminada a compressão quando desaparecem as ondulações na frente do rolo e a camada se apresentar completamente firme;
- q) Quando a construção da camada de macadame hidráulico for feita em duas etapas, a primeira camada deverá estar completamente seca antes de iniciar-se a execução da segunda;
- r) Terminada a construção da camada 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 camada estiver exposta ao tráfego, com novos acréscimos quando necessários, durante

um período de sete a 15 dias, antes da execução da camada seguinte. O período citado terá por finalidade revelar pontos fracos da camada que deverão ser corrigidos antes da continuação da execução do pavimento.

## 6 Manejo ambiental

Objetivando a preservação ambiental, deverão ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental definidos, e/ou instituídos, no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia – PE, o Plano Básico Ambiental – PBA e os Programas Ambientais.

## 7 Inspeções

### 7.1 Controle dos insumos

Os materiais utilizados na execução da camada de macadame hidráulico devem ser rotineiramente examinados antes do seu espalhamento e/ou aplicação na pista. Assim sendo, deverão ser realizadas as verificações indicadas 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, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

#### 7.1.1. Camada de bloqueio

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia do pelos métodos DNER-ME 054/97, DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 122/94.

#### 7.1.2 Agregado graúdo

Ensaio de granulometria, ensaio de durabilidade e ensaio de abrasão Los Angeles. 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.

### 7.1.3 Agregado para enchimento

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia do pelos métodos DNER-ME 054/97, DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 122/94.

7.1.4 A frequência indicada para a execução dessas determinações é a mínima aceitável, devendo ser compatibilizada com o Plano de Amostragem Variável (vide item 7.4). A frequência indicada para a execução de ensaios é a mínima aceitável, devendo ser compatibilizada com o Plano de Amostragem Aleatório (vide item 7.4).

## 7.2 Controle da produção

O controle da produção (Execução) da camada de macadame hidráulico deve ser exercido através dos seguintes procedimentos:

### 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 concluída a 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 camada.

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

- a) Após o término da compressão poderão também ser efetuadas medidas de deflexão sobre a base ainda úmida dos segmentos concluídos (DNER-ME 024/94), em locais

aleatórios. Os valores medidos e analisados estatisticamente deverão ser aqueles definidos pelo projeto, para o topo da camada.

- b) A frequência indicada para a execução das medidas de deflexão será de, no mínimo, uma por estaca, alternando-se as medidas nos bordos e eixo, devendo, contudo ser compatibilizada com o Plano de Amostragem Aleatório (vide item 7.4).

### 7.3 Verificação do produto

A verificação final da qualidade da camada de macadame hidráulico (Produto) deve ser exercida através das seguintes determinações, executadas de acordo com o Plano de Amostragem Variável (vide item 7.4).

#### Controle Geométrico

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

- ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;
- até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- ± 10%, quanto à espessura indicada no projeto.

### 7.4 Plano de amostragem – Controle tecnológico

O número e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico dos insumos, da produção e do produto serão estabelecidos segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97.

### 7.5 Condições de conformidade e não conformidade

Todos os ensaios de controle e determinações relativos aos insumos, à produção e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem, citado em 7.4, deverão cumprir as Condições Gerais e Específicas desta Norma, e estar de acordo com os seguintes critérios:

Quando especificado um valor mínimo a ser atingido devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$  Não Conformidade;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$  Conformidade.

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.

Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$  Não Conformidade;

$\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$  Conformidade.

Quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$  ou  $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow$  Não Conformidade;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$  ou  $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow$  Conformidade;

Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$  Não Conformidade;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$  Conformidade.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento, de acordo com a norma DNIT 011/2004-PRO, a qual estabelece que sejam tomadas providências para tratamento das “Não-Conformidades” dos Insumos e do Produto.

Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma.

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário será rejeitado.

## 8 Critérios de medição

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) A camada de macadame hidráulico será medida em metros cúbicos, considerando o volume

efetivamente executado. Não serão motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais, transporte, equipamentos e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário;

- b) no cálculo dos volumes da camada serão consideradas as larguras e espessuras médias da camada obtidas no controle geométrico;
- c) não serão considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto;
- d) nenhuma medição será processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade, contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

/Anexo A

REVISÃO DE NORMA



Índice geral

Abstract		1	Execução	5.3	4
Acostamentos	5.3.2	4	Índice geral		9
Agregado da camada de bloqueio	5.1.3	3	Inspeções	7	5
Agregado graúdo	5.1.1, 7.1.2	2, 5	Manejo ambiental	6	5
Agregado para enchimento	5.1.2, 7.1.3	3, 5	Material	5.1	2
Camada de bloqueio	5.3.1, 7.1.1	4, 5	Objetivo	1	1
Camada de macadame Hidráulico	5.3.3	4	Plano de amostragem – Controle tecnológico	7.4	7
Condições de conformidade e não conformidade	7.5	7	Prefácio		1
Condições específicas	5	2	Referências normativas	2	2
Condições gerais	4	2	Resumo		1
Controle da produção	7.2	5	Sumário		1
Controle dos insumos	7.1	5	Verificação adicional da compressão de através de medidas de compressão	7.2.2	6
Critérios de medição	8	8	Verificação do Produto	7.3	7
Definição	3	2	Verificações visuais da compressão	7.2.1	6
Equipamento	5.2	4			

