



**Departamento de Estradas  
de Rodagem do Estado do  
Paraná - DER/PR**

Avenida Iguazu 420  
CEP 80230 902  
Curitiba Paraná  
Fone (41) 3304 8000  
Fax (41) 3304 8130  
www.pr.gov.br/derpr

**DER/PR ES-P 04/05**

## **PAVIMENTAÇÃO: MACADAME HIDRÁULICO**

Especificações de Serviços Rodoviários  
Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005  
Deliberação n.º 281/2005  
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 04/91  
Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavra-chave: base; sub-base; macadame hidráulico

12 páginas

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução de camada de pavimento com emprego de macadame hidráulico. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/05.

### **SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

## **0 PREFÁCIO**

Esta especificação de serviço estabelece os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base a Especificação de Serviço DER/PR ES-P 04/91.

## **1 OBJETIVO**

Estabelecer a sistemática a ser empregada na seleção do produto e sua aplicação em camadas de sub-base ou base de pavimentos rodoviários em obras sob a jurisdição do DER/PR.

## **2 REFERÊNCIAS**

- DNER-ME 024/94 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman  
DNER-ME 035/98 - Agregados – determinação da abrasão “**Los Angeles**”  
DNER-ME 054/97 - Equivalente de areia  
DNER-ME 083/98 - Agregados – análise granulométrica  
DNER-ME 089/94 - Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio  
Manual de Pavimentação – DNER, 1996  
Manual de Execução de Serviços Rodoviários – DER/PR  
Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR  
Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR

## **3 DEFINIÇÕES**

3.1 Macadame hidráulico é a camada granular composta por agregados graúdos, naturais ou britados, preenchidos por agregados miúdos e aglutinados pela água, cuja estabilidade é obtida pela ação mecânica enérgica de compactação.

3.2 Camada de bloqueio ou isolamento é a porção inferior da camada de macadame hidráulico, limitada à espessura de 0,03 m após compactação, aplicada nos casos em que o macadame hidráulico é assentado diretamente sobre solos com mais de 35% passando na peneira nº 200.

## **4 CONDIÇÕES GERAIS**

4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação:

- a) sem o preparo prévio e aceitação da superfície de camada subjacente;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias do DER/PR;

- c) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- d) sem a seleção prévia do diâmetro máximo do agregado graúdo, conforme indicação em projeto ou pelo DER/PR;
- e) em dias de chuva.

4.2 Na seleção do diâmetro máximo, da espessura individual por camada e na execução da camada, não é permitido:

- a) diâmetro máximo do agregado graúdo superior a 4" (101,6 mm);
- b) diâmetro máximo do agregado da camada de bloqueio superior a 3/4" (19,1 mm);
- c) diâmetro máximo do agregado do material de enchimento superior a 3/4" (19,1 mm);
- d) espessura da camada individual acabada inferior a 0,12 m e superior a 0,20 m;
- e) utilização de finos sobre o agregado graúdo visando complementação da espessura de projeto da camada de macadame hidráulico acabada;

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

### 5.1.1 Agregado graúdo

- a) O agregado graúdo, constituído por pedra britada resultante de britagem primária (pedra pulmão) de rocha sã ou, em casos especiais, oriundos de materiais pétreos naturais desmontados pela ação de lâmina e escarificador de trator de esteiras ou por simples detonações (basaltos vítreos), deve apresentar fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais.
- b) Quando submetidos à avaliação de durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 089/94) deve apresentar perda igual ou inferior a 12%.
- c) A percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) não deve ser superior a 45%. Aspectos particulares relacionados a valores típicos para as perdas neste ensaio são abordados no Manual de Execução.
- d) Deve ser dada preferência para utilização de agregado graúdo de um só tamanho, admitindo-se no máximo o emprego de agregado graúdo separado na peneira classificadora vibratória de 2" (material passante na peneira de  $\phi$  máximo e retido na peneira de 2").

- e) O diâmetro máximo do agregado graúdo deve estar compreendido entre  $\frac{1}{2}$  e  $\frac{2}{3}$  da espessura final de cada camada executada, não devendo ser superior a 4" (101,6 mm) e nem inferior a 2½" (63,5 mm).
- f) A granulometria do agregado graúdo deve satisfazer a uma das seguintes faixas granulométricas:

Peneiras		Percentagem passando, em peso		
ASTM	Abertura, mm	Faixa A	Faixa B	Faixa C
4"	101,6	100	-	-
3 ½"	88,9	90-100	-	-
3"	76,2	-	100	-
2 ½"	63,5	25-60	90-100	100
2"	50,8	-	35-70	90-100
1 ½"	38,1	0-15	0-15	35-70
1"	25,4	-	-	0-15
¾"	19,1	0-5	0-5	-
½"	12,7	-	-	0-5
Espessura máxima das camadas		0,20 m	0,15 m	0,12 m

### 5.1.2 Agregado para enchimento

- a) O agregado para enchimento deve ser constituído por finos de britagem com as mesmas características físicas especificadas para o agregado graúdo (forma, resistência ao desgaste e isenção de impurezas), devendo atender a uma das seguintes faixas granulométricas:

Peneiras		Percentagem passando, em peso	
ASTM	Abertura, mm	Faixa A	Faixa B
¾"	19,1	100	-
½"	12,7	85-100	-
⅜"	9,5	-	100
n.º 4	4,8	-	85-100
n.º 10	2,0	55-70	65-83
n.º 40	0,42	30-50	35-50

- b) Quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 89/94), os agregados utilizados devem apresentar perdas iguais ou inferiores aos seguintes limites:

- agregado graúdo = 12%;
- agregado miúdo = 15%.

- c) O equivalente de areia (método DNER-ME 54/97) para o agregado miúdo deve ser igual ou superior a 40%.

### 5.1.3 Agregado para camada de bloqueio ou isolamento

- a) Havendo necessidade de utilização de camada de bloqueio ou isolamento, conforme definido em 3.1, o agregado a ser utilizado deve ser constituído de finos de britagem atendendo aos seguintes requisitos de qualidade:
- a.1) características físicas (forma, resistência ao desgaste e isenção de impurezas) equivalentes às especificações para o agregado graúdo;
- a.2) quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 89/94), os agregados utilizados devem apresentar perdas iguais ou inferiores aos seguintes limites:
- agregado graúdo = 12%;
  - agregado miúdo = 15%.
- b) Composição granulométrica idêntica à do material de enchimento especificado em 5.1.2. Em casos especiais, quando a espessura mínima da camada de macadame hidráulico acabada for de 0,15 m e a espessura máxima da camada de bloqueio for de 0,03 m, admite-se a utilização de agregado de um só tamanho ( $\frac{3}{4}'' = 19,1$  mm).

## 5.2 Equipamento

5.2.1 Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

5.2.2 O equipamento básico para execução do macadame hidráulico compreende:

- trator de esteira;
- instalação de britagem compatível com as bitolas e as produções desejadas;
- pá-carregadeira;
- caminhões basculantes;
- distribuidor de agregados e/ou motoniveladora pesada;
- rolo compressor do tipo liso de três rodas ou tandem de 10 a 12 t, ou liso vibratório;
- caminhão-tanque irrigador;
- compactadores portáteis vibratórios;
- equipamentos e ferramentas complementares: pás, carrinhos de mão, marretas, vassourões ou vassouras mecânicas entre outras.

## 5.3 Execução

5.3.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.3.2 Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento “Informações e Recomendações de Ordem Geral”, procedimentos a serem obedecidos pela executante e pelo DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento experimental.

5.3.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender valores e limites definidos nesta especificação e eventuais indicações particulares definidas em projeto, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pelo DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.3.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental por desempenho insatisfatório a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

#### 5.3.5 Preparo da superfície

- a) A superfície que vai receber a camada de macadame hidráulico deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.
- b) A superfície que vai receber a camada de macadame hidráulico deve apresentar-se sem leiras ou quaisquer obstáculos que possam provocar o confinamento lateral da camada de macadame hidráulico.

#### 5.3.6 Camada de isolamento ou bloqueio

- a) Quando indicada, atendidas as condições descritas em 3.1, esta camada é executada na largura da plataforma de projeto, com espessura máxima de 0,03 m, após compressão.
- b) Após a operação de carregamento, o transporte do material britado da fonte produtora (central de britagem) até o canteiro da obra é feito por caminhões basculantes com capacidade mínima de 9 m<sup>3</sup>, devidamente cobertos e enlonados, no caso do transporte por vias públicas em operação.
- c) O espalhamento do material de bloqueio é executado com motoniveladora.
- d) A acomodação da camada por compressão é feita com utilização de rolo estático liso, em uma ou no máximo duas passadas.

#### 5.3.7 Camada de agregado graúdo

- a) A execução da camada de agregado graúdo inicia-se pelo carregamento do material nos depósitos ou pátios de estocagem da instalação de britagem. A operação de carga do material deve ser procedida de forma criteriosa, evitando-se a utilização de agregados graúdos lamelares ou com excesso de finos.
- b) Após a operação de carregamento e o transporte por caminhões basculantes, faz-se o espalhamento em uma camada de espessura uniforme e homogênea, uniformemente solta. O espalhamento é feito com motoniveladora pesada ou distribuidor de agregados, na dependência do diâmetro máximo do agregado utilizado.

- c) Após o espalhamento do agregado graúdo, podem ser necessárias as seguintes correções:
  - c.1) remoção de fragmentos alongados, lamelares ou de tamanho excessivo, visíveis na superfície e substituição por agregado graúdo representativo e de boa qualidade;
  - c.2) correção de pontos com excesso ou deficiência de material, após verificação do greide e seção transversal com cordéis, gabaritos e outros instrumentos. No caso de existir deficiência de material, utilizar sempre agregado graúdo representativo e de boa qualidade, sendo vedado o uso de agregado miúdo.
- d) Efetuadas as correções necessárias e previamente ao lançamento do material de enchimento, pode ser obtida uma melhor acomodação do agregado graúdo através de uma única passada do rolo liso, sem vibração.

#### 5.3.8 Operações de enchimento e travamento

- a) O material de enchimento, obedecendo a uma das faixas granulométricas especificadas, o mais seco possível, é espalhado com motoniveladora ou distribuidor de agregados, em quantidade suficiente para preencher os vazios do agregado graúdo.
- b) A aplicação do material de enchimento deve ser feita uma ou mais vezes, durante o que deve-se continuar a compressão e forçar a sua penetração nos vazios do agregado graúdo, com uso de vassouras manuais ou mecânicas.
- c) Quando não for mais possível a penetração do material de enchimento a seco, é iniciada a irrigação da camada. Simultaneamente, deve-se espalhar mais material de enchimento e prosseguir com as operações de compressão.
- d) A irrigação e a aplicação do material de enchimento deve prosseguir até que se forme, na frente do rolo, uma pasta de material de enchimento e água.
- e) A compressão é dada como concluída quando desaparecerem as ondulações à frente do rolo e a camada se apresentar estável e compacta.
- f) Após a compactação e as correções necessárias, a camada deve ser aberta ao tráfego da obra e dos usuários, de forma controlada e direcionada, mantendo-se a superfície umedecida. Esta etapa estende-se por um período suficiente, de forma a garantir a verificação de eventuais problemas localizados de travamento deficiente. Se necessário, eficientes operações corretivas devem ser aplicadas (ver a respeito o contido no Manual de Execução).
- g) Após a limpeza da pista, caso se trate de camada de base, é feito o umedecimento e nova rolagem de acabamento com rolo liso vibratório, preparando-se a base para sua impermeabilização através dos serviços de imprimação.

## 6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Para execução de reforços, bases ou sub-bases de macadame hidráulico são necessários trabalhos envolvendo a utilização de agregados, além da instalação de britagem.

6.2 Na exploração das ocorrências de materiais:

6.2.1 Quando utilizado material pétreo, os seguintes cuidados devem ser observados na exploração das ocorrências de materiais:

- a) a brita somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) deve ser apresentada a documentação atestando a regularidade das instalações (pedreira e britagem), assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- e) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- f) 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;

6.2.2 Em função destes agentes, devem ser obedecidos os seguintes princípios:

- a) Quanto à operação
  - a.1) Os cuidados, para a preservação ambiental, se referem à disciplina do tráfego e ao estacionamento dos equipamentos.
  - a.2) Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar danos à vegetação e interferências à 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 os cursos d'água.



## 7 CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução, referem-se às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, serem ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 O controle interno de qualidade consta, no mínimo, dos ensaios apresentados nos quadros 1 e 2, apresentados a seguir.

Quadro 1:		Agregados
Tipo da camada	Quantidade	Descrição do ensaio/verificação
Sub-base	→ a cada 400 m <sup>3</sup>	{ 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo 01 ensaio de granulometria de cada produto de britagem
Base	→ a cada 400 m <sup>3</sup>	
Nota: sempre que visualmente se observar alterações mineralógicas na bancada da pedreira deve ser feito 01 ensaio de abrasão Los Angeles e 01 ensaio de durabilidade com sulfato de sódio.		

Quadro 2:		Controle de execução na pista
Tipo da camada	Quantidade	Descrição do ensaio/verificação
Sub-base	→ a cada 400 m <sup>3</sup>	{ 03 determinações da espessura da camada de bloqueio ou isolamento 03 verificações das condições de enchimento dos vazios do agregado graúdo e travamento através de abertura de poços de inspeção em pontos aleatórios 03 determinações da espessura da fração fina depositada sobre a superfície do agregado graúdo 01 ensaio de granulometria da mistura de agregados utilizada como enchimento ou travamento
Base	→ a cada 400 m <sup>3</sup>	
Nota: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.		

## 8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.

8.3 Compete exclusivamente ao DER/PR efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:

- a) Espessura da camada acabada: deve ser medida, no máximo, a cada 20 m, procedendo-se à relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, envolvendo, pelo menos, cinco pontos da seção transversal.
- b) Largura da camada acabada: a largura da plataforma acabada é obtida por medidas à trena, executadas a cada 20 m.

8.4 Verificação do acabamento: as condições de acabamento da superfície são apreciadas em bases visuais, não podendo existir leiras e outros confinamentos laterais, nem camada de macadame hidráulico instável, seja por deficiência de travamento ou excesso de finos superficiais.

## 9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

### 9.1 Aceitação

9.1.1 O agregado graúdo deve atender aos requisitos desta especificação no que tange à abrasão Los Angeles e durabilidade.

9.1.2 O agregado miúdo deve atender aos requisitos desta especificação no que tange aos ensaios de equivalente de areia e durabilidade.

9.1.3 Durante a produção, a granulometria dos agregados pode sofrer variações em relação à curva de projeto, respeitadas as seguintes tolerâncias e os limites da faixa granulométrica adotada:

Peneira		% Passando, em Peso
ASTM	mm	
3/8" a 4"	9,5 a 101,6	± 7
nº 10 a nº 4	2,0 a 4,8	± 5
nº 40	0,42	± 3

9.1.4 Os serviços executados são aceitos, quanto ao controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) quanto à largura da plataforma: não são admitidos valores inferiores aos previstos para a camada;
- b) quanto à espessura da camada acabada:
  - b.1) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = X - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

onde:

$N \geq 9$  (número de determinações efetuadas)

- b.2) a espessura média determinada estatisticamente deve situar-se no intervalo de  $\pm 5\%$ , em relação à espessura prevista em projeto;
- b.3) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de  $\pm 10\%$ , em relação à espessura prevista em projeto.

9.1.5 As medidas de deflexão devem ser inferiores àquela deflexão máxima admissível de projeto para o tipo da camada.

## 9.2 Condições de conformidade e não conformidade

9.2.1 Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos.

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

$X - ks < \text{valor mínimo especificado}$  ou  $X + ks > \text{valor máximo de projeto}$ : não conformidade;  
 $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$  e  $X + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$ : conformidade;

Sendo:

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

Onde:

$x_i$  = valores individuais  
 $X$  = média da amostra  
 $s$  = desvio padrão  
 $k$  = adotado o valor 1,25  
 $n$  = número de determinações, no mínimo 9

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

Se  $X - ks < \text{valor mínimo especificado}$ : não conformidade;  
 Se  $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ : conformidade.

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

Se  $X + ks > \text{valor máximo especificado}$ : não conformidade;  
 Se  $X + ks \leq \text{valor máximo especificado}$ : conformidade.

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

9.2.3 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.2.4 Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas colocarem-no em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

## **10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO**

10.1 O serviço de macadame hidráulico, executado e recebido na forma descrita, é medido pela determinação do volume de material compactado na pista, expresso em metros cúbicos, calculado segundo a seção transversal de projeto.

10.2 No cálculo de volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média  $X$ , calculada como indicado anteriormente. Quando  $X$  for inferior à espessura de projeto, é considerado o valor de  $X$ . No caso de  $X$  ser maior do que a espessura de projeto, é considerada a espessura de projeto.

10.3 Considera-se o talude do macadame hidráulico, para fins de cálculo da largura média, igual a 1:1.

## **11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO**

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.

11.3 Quando for necessário o emprego de camada de bloqueio, conforme descrito nesta especificação, esta não é considerada como objeto de remuneração em separado.

11.4 O preço unitário deve ser compatível com:

- a) a função pretendida para a camada de macadame hidráulico (sub-base ou base);
- b) com o tipo de material de enchimento utilizado (brita graduada, brita corrida ou outros materiais de enchimento);
- c) com a necessidade ou não de britagem do agregado graúdo.