



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES,
PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL

DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE
TRANSPORTES

DIRETORIA GERAL

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro/RJ – CEP: 21240-000
E-mail: ipr@dnit.gov.br

Agosto/2018

NORMA DNIT xxx/2018 - ME

Pavimentação asfáltica – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – Método de ensaio

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo:

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:

mistura asfáltica, densidade máxima medida, massa específica máxima, método Rice

Total de páginas

9

Resumo

Esta Norma descreve um procedimento de ensaio para determinação da densidade relativa máxima medida (DMM) e da massa específica máxima medida de misturas asfálticas não compactadas. A densidade máxima medida substitui a densidade máxima teórica (DMT) tradicionalmente calculada pela média ponderada das densidades dos componentes da mistura asfáltica, sendo igual ou menor do que DMT, dependendo da absorção dos agregados. Estes parâmetros são obtidos pela razão entre a massa (agregado mais ligante asfáltico) e a soma dos volumes (agregados, vazios impermeáveis, vazios permeáveis não preenchidos com asfalto e volume total de asfalto), medidos em laboratório com os procedimentos descritos. São parâmetros usados no projeto de dosagem e no controle das misturas asfálticas produzidas em usina, em laboratório ou extraídas no campo.

Abstract

This Standard describes a test procedure to determine the maximum measured specific gravity and density of uncompacted asphalt mixtures. The maximum measured density (DMM) replaces the theoretical maximum density (DMT), traditionally calculated as weighted average of components densities of bituminous mixture, being equal or lower than DMT, depending on aggregates absorption. These parameters are obtained by the ratio between (aggregate and asphalt binder) weight and sum of the

volumes (aggregates, impermeable voids, permeable voids not filled with asphalt and asphalt binder), measured in laboratory through described procedure. They are parameters used on hot mix design and control of asphaltic mixtures, produced in plant, laboratory or field extracted.

Sumário

Prefácio.....	2
1 Objetivo.....	2
2 Definições.....	2
3 Aparelhagem.....	2
4 Preparação da amostra.....	3
5 Ensaio.....	3
6 Procedimento de verificação de absorção de água para amostras contendo agregados porosos.....	4
7 Expressão dos Resultados.....	4
8 Relatório.....	4
Anexo A (Informativo) - Terminologia.....	5
Anexo B (Informativo) - Fotos.....	6
Anexo C (Informativo) – Precisão.....	7
Anexo D (Informativo) - Bibliografia.....	8
Índice geral.....	9

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DPP, para servir como documento base, visando estabelecer os procedimentos para determinação da densidade máxima medida e da massa específica máxima medida de misturas asfálticas não compactadas. A criação desta norma procede dos estudos e pesquisas realizados no âmbito do Termo de Execução Descentralizada – TED nº 682/2014 firmado com a COPPE/UFRJ, para o desenvolvimento de método mecânico-empírico de dimensionamento de pavimento asfáltico. Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2009-PRO.

1 Objetivo

Este método prescreve o modo pelo qual se determina a densidade relativa máxima medida, substituta da densidade máxima teórica, usada na dosagem de misturas asfálticas, e a massa específica máxima medida correspondente, de misturas asfálticas não compactadas.

2. Definições

2.1 Densidade relativa máxima medida

Razão entre a massa da mistura asfáltica não compactada (solta) e a massa de água por ela ocupada, ambas à temperatura do ensaio, medidas em laboratório.

2.2 Massa específica máxima medida

Razão entre a massa da mistura asfáltica não compactada (solta) e seu volume, à temperatura do ensaio, medidos em laboratório.

2.3 Pressão residual

Pressão em recipiente sob vácuo.

3. Aparelhagem

3.1 Bandeja metálica

Bandeja com dimensões mínimas de 450 x 320 x 60 mm.

3.2 Recipiente para ensaio

Frasco de vidro do tipo Kitasato ou frasco metálico, com capacidade mínima de 4.000 ml, resistente à pressão de vácuo, com tampão de borracha, ou de polimetacrilato de metila (PMMA) transparente, com conexão para a linha de vácuo.

A mangueira de conexão da linha de vácuo deve ter na entrada uma malha fina de abertura não maior do que 0,075 mm, para minimizar a perda de material fino, ou outro sistema de retenção dos finos.

3.3 Balança

Balança com capacidade mínima de 10.000 g e resolução de 0,1 g.

3.4 Bomba de vácuo

Bomba capaz de aplicar uma pressão residual de vácuo de 4 kPa (30 mm Hg) ou menos, com retentor de vapor d'água instalado entre o recipiente e a bomba de vácuo.

3.5 Manômetros

3.5.1 Manômetro para medir a pressão residual

Manômetro capaz de medir a aplicação da pressão residual, conectado no final da linha de vácuo, por tubo e conector tipo T, instalado no topo do recipiente. Deve ter precisão de 4 kPa (30 mm Hg) ou menor.

3.5.2 Manômetro para bomba de vácuo

Manômetro capaz de medir o vácuo, conectado diretamente à bomba de vácuo ou próximo desta (de 0 a 760 mm Hg).

3.6 Termômetro

Termômetro capaz de medir a temperatura da água do banho entre 20 °C e 30 °C, com resolução de 0,1 °C.

3.7 Banho-maria

Banho de água com sistema capaz de manter controlada a temperatura da água na faixa de 25 ± 1 °C, com capacidade para a imersão do recipiente contendo a amostra deaerada.

3.8 Válvula de alívio instalada no sistema de vácuo

Válvula para permitir o ajuste do vácuo a ser aplicado no recipiente e o alívio suave da pressão de vácuo.

3.9 Agitador mecânico

Dispositivo do tipo mesa vibratória, com controlador de velocidade, capaz de agitar a amostra para liberação do ar, com sistema para fixar o recipiente, de modo que este não se mova sobre a sua superfície de contato.

3.10 Estufa

Estufa com capacidade de aquecimento de até $200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.11 Placa de vidro

Placa de vidro com dimensões suficientes para cobrir inteiramente a abertura do recipiente.

4. Preparação da amostra

4.1 Obtenção da amostra

- a) Preparada em laboratório - mistura asfáltica solta mantida em estufa na temperatura de compactação por 2 horas, previamente ao ensaio;
- b) Extraída no campo - obtida de corpos de prova extraídos no campo, aquecidos a $105 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ até constância da massa. Retirar da estufa e promover a desagregação da mistura, descartando a parte externa do corpo de prova, que esteve em contato com a extratora.
- c) Coletada após usinagem ou no transporte para a pista - pode ou não ser mantida em estufa na temperatura de compactação por 2 horas, a critério do projetista, previamente ao ensaio.

4.2 Massa da amostra

A quantidade da amostra em massa deve atender aos requisitos da Tabela 1. Amostra com volume maior do que 2/3 do volume do frasco deve ser ensaiada em partes, com pelo menos 1 250 g cada.

Tabela 1 - Quantidade mínima da amostra

Tamanho máximo nominal do agregado (mm)	Massa mínima de amostra (g)
38 ou maior	5 000
19 a 25	2 500
12,5	1 500

5. Ensaio

5.1 Deve ser determinada a massa do recipiente, cheio com água, a $25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. O enchimento adequado deve ser garantido utilizando-se uma placa de vidro de cobertura. Registrar esta medida como B.

5.2 Separar as partículas da amostra ainda quente, obtida de acordo com a subseção 4.1, em uma bandeja

metálica, tomando o cuidado para evitar quebrar os agregados, porém de modo que as partículas da fração fina não fiquem em grumos maiores do que 6 mm. Resfriar a amostra até temperatura ambiente. Verificar a necessidade de separação adicional das partículas. Colocar a amostra no recipiente seco e tarado. Pesas o conjunto e registrar a massa da amostra como A.

5.3 Acrescentar água destilada à temperatura de $25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, suficiente para que o nível final fique pelo menos 5,0 cm acima da amostra. Colocar o tampão no recipiente.

5.4 Colocar e fixar o frasco com a amostra e a água sobre o dispositivo de agitação mecânica. Iniciar a agitação e imediatamente começar a remover o ar da amostra pela aplicação gradual da pressão de vácuo até que a pressão residual no manômetro registre uma leitura de $3,7 \pm 0,3\text{ kPa}$ cerca de $27,5 \pm 2,5\text{ mm Hg}$. O vácuo deve ser obtido em 2 minutos. Uma vez alcançada a pressão de vácuo estipulada, continuar a agitação e manter o vácuo por $15,0 \pm 2,0\text{ min}$.

5.5 Diminuir a pressão de vácuo gradativamente, utilizando a válvula de alívio.

5.6 Completar o volume do recipiente com água destilada, cuidadosamente, para não introduzir ar na amostra. Colocar o frasco no banho de água a $25,0 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por $10,0 \pm 1\text{ min}$ para estabilizar a temperatura, sem submergir o topo do frasco. Medir e registrar a temperatura da água no interior do recipiente. Remover o termômetro e completar o volume com água a $25,0 \pm 1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, no recipiente, usando a placa de vidro para fazer a verificação do enchimento, tomando o cuidado de não introduzir ar na amostra. Enxugar o recipiente e a placa de vidro, para eliminar qualquer umidade externa. Determinar a massa do recipiente com a placa e seu conteúdo completamente preenchido com água. Registrar esta massa como C.

6. Procedimento de verificação de absorção de água para amostras contendo agregados porosos

Se os poros dos agregados não forem totalmente selados pelo filme asfáltico podem ficar saturados com água durante o processo de aplicação de vácuo. Para verificar se é necessária correção devido à absorção de água pelos agregados, proceder da seguinte maneira, após

concluir os procedimentos descritos na subseção 5.6:

- Drenar a água do recipiente por decantação sobre uma peneira de Nº 200 (75 µm) para evitar a perda de finos da amostra;
- Espalhar a amostra sobre uma superfície não absorvente e remover a umidade superficial por ventilação. Quebrar manualmente os grumos. Remexer intermitentemente a amostra, para facilitar a remoção da umidade, durante duas horas.
- Determinar a massa da amostra a cada 15 minutos e quando a perda na massa for menor que 0,05 % para este intervalo, a amostra pode ser considerada com superfície seca. Esta massa deve substituir a massa A, determinada de acordo com a subseção 5.2.

7. Expressão dos resultados

7.1 Cálculos

a) Determinar a densidade relativa máxima medida da mistura asfáltica conforme a Equação 1:

$$G_{mm} = \frac{A}{A + B - C} \quad (1)$$

Onde:

G_{mm} é a densidade relativa máxima medida da mistura, adimensional;

A é a massa da amostra seca ao ar, expressa em gramas (g);

B é a massa do recipiente com volume completo com água, expressa em gramas (g);

C é a massa do recipiente contendo a amostra submersa em água, expressa em gramas (g).

b) Determinar a massa específica máxima medida da

mistura de acordo com a Equação 2:

$$ME_{mm} = 0,9971 \times G_{mm} \quad (2)$$

Onde:

ME_{mm} é a massa específica máxima medida da mistura, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³);

G_{mm} é a densidade relativa máxima medida da mistura obtida de acordo com a Equação 1.

NOTA : A constante 0,9971 refere-se à massa específica da água a 25 °C, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³). Caso o ensaio seja realizado em outras temperaturas, utilizar a massa específica da água correspondente a esta temperatura.

7.2 Resultados

A densidade relativa máxima medida da mistura asfáltica deve ser a média de, no mínimo, três determinações que não diverjam $\pm 0,020$ da média.

A massa específica máxima medida da mistura asfáltica deve ser a média de, no mínimo, três determinações que não diverjam $\pm 0,020$ g/cm³ da média.

8. Relatório

O relatório deve conter as seguintes informações:

- O resultado da densidade relativa máxima medida da mistura asfáltica, G_{mm} , adimensional ou da massa específica máxima medida da mistura asfáltica, expressa em gramas por centímetro cúbico (g/cm³), com três casas decimais.
- O tipo de recipiente, o tipo de mistura, a quantidade em gramas de amostra ensaiada, número de amostras, a temperatura da água durante o ensaio e o número de determinações realizadas.

Anexo A (Informativo) – Terminologia

DIFERENÇAS DE TERMINOLOGIA ENTRE BRASIL E EUA

DENSIDADE APARENTE DE MISTURA COMPACTADA

BRASIL		EUA	
DENSIDADE RELATIVA	MASSA ESPECIFICA	SPECIFIC GRAVITY OU RELATIVE DENSITY	DENSITY
Grandeza Adimensional	Grandeza com Dimensão	Grandeza Adimensional	Grandeza com Dimensão
$G_{mb} = A / B - C$ (ABNT 15573)	$G_{mb} = (A \times 0,977) / (B - C)$ (Bernucci et al, 2010)	Razão da massa de um dado volume de material a 25 °C e a massa de igual volume de água a mesma temperatura	Multiplica-se a specific gravity pela densidade da água a 25 °C (0,977)
	$M_{ea} = 0,997 \times G_{mb}$ (ABNT)	$G_{mb} = A / B - C$	$(A \times 0,977) / (B - C)$
Massa específica pela norma da ABNT citada e Bernucci et al (2010) são numéricas e dimensionalmente iguais a <i>density</i>, mas diferentes de <i>specific gravity</i>, <i>relative density</i> e da densidade relativa			

Anexo B (informativo) – Fotos

Fotos ilustrativas dos equipamentos e passos do ensaio

	
	
	

Massa asfáltica solta

Bomba de vácuo e sistema retenção finos

Retirada do ar da amostra

Peso do recipiente cheio com água

Peso do recipiente com amostra e água

Recipiente no agitador e vácuo

Anexo C (Informativo)**Precisão**

Por falta de dados nacionais, admite-se como válido os padrões de repetibilidade e reprodutibilidade indicados pela norma ASTM D 2041/ 2011, baseado em dados do plano Inter laboratorial da AASHTO – Laboratório de materiais de referência (AMRL) indicados na Tabela C1 a seguir.

Tabela C1 – Indicações de aceitação de repetibilidade e reprodutibilidade para este ensaio

Ensaio de tipo e índice	Desvio padrão , 1 s		Intervalo de aceitação entre dois ensaios, d2s
Resultado obtido sem usar a seção 6	Um operador	0,0080	0,023
	Entre laboratório	0,0160	0,044
Resultado obtido usando a seção 6	Um operador	0,0064	0,018
	Entre laboratório	0,0193	0,055

_____/Anexo D

Anexo D (Informativo) – Bibliografia

- a) AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY TRANSPORTATION OFFICIALS. *AASHTO T 209*: Standard method test of theoretical maximum specific gravity (Gmm) and density of hot mix asphalt (HMA). Washington, DC, 2012.
- b) AMERICAN SOCIETY FOR TEST AND MATERIALS. *ASTM D 2041/D 2041M*: Standard test method for theoretical maximum specific gravity and density of bituminous paving mixtures. West Conshohocken, 2011.
- c) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15619*: Misturas asfálticas - Determinação da densidade máxima teórica e da massa específica máxima teórica em amostras não compactadas. Rio de Janeiro, 2016.

_____ /Índice geral

Índice geral

Abstract.....	1	Manômetro para bomba de vácuo.....	3.5.2.....2
Agitador mecânico.....	3.9.....2	Manômetro para medir a pressão residual.....	3.5.1.....2
Anexo A (Informativo) – Terminologia.....	5	Massa da amostra.....	4.2.....3
Anexo B (informativo) – Fotos.....	6	Massa específica máxima medida.....	2.2.....2
Anexo C (Informativo).....	7	Objetivo.....	1.....2
Anexo D (Informativo) – Bibliografia.....	8	Obtenção da amostra.....	4.1.....3
Aparelhagem.....	3.....2	Placa de vidro.....	3.11.....3
Balança.....	3.3.....2	Prefácio.....	2
Bandeja metálica.....	3.1.....2	Preparação da amostra.....	4.....3
Banho-maria.....	3.7.....2	Pressão residual.....	2.3.....2
Bomba de vácuo.....	3.4.....2	Procedimento de verif. de abs. de água.....	6.....3
Cálculos.....	7.1.....4	Recipiente para ensaio.....	3.2.....2
Definições.....	2.....2	Relatório.....	8.....4
Densidade relativa máxima medida.....	2.1.....2	Resultados.....	7.2.....4
Ensaio.....	5.....3	Resumo.....	1
Estufa.....	3.10.....3	Sumário.....	1
Expressão dos resultados.....	7.....4	Termômetro.....	3.6.....2
Índice geral.....	9	Válvula de alívio instalada no sist. de vácuo.....	3.8.....2
Manômetros.....	3.5.....2		