

MASSA ESPECÍFICA APARENTE E DENSIDADE DE MISTURAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS, USANDO SELAGEM AUTOMÁTICA A VÁCUO

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Setembro de 2014



DESIGNAÇÃO - ARTERIS T 331-13¹

Método Padrão para Ensaio de

Massa Específica Aparente e Densidade de Misturas Asfálticas Compactadas, usando Selagem Automática a Vácuo

Designação ARTERIS T 331 – 13¹



1 - ESCOPO

- 1.1 - Este método estabelece a determinação da massa específica aparente de amostras de misturas asfálticas a quente (MAQ) compactadas.
- 1.2 - Este método deverá ser aplicado com amostras que contenham misturas abertas, ou vazios interligados e/ou absorvam mais que 2% de água por volume, como determinado pela T 166. Uma agência pode especificar este método como uma alternativa para T 275.
- 1.3 - A massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas pode ser usada para calcular a densidade aparente da mistura.
- 1.4 - Os valores estão no Sistema Métrico Internacional que deverá ser adotado como Padrão.
- 1.5 - Esta Norma pode envolver materiais, operações e equipamentos perigosos. Esta norma não tem o propósito de indicar todas as medidas de segurança, se alguma, associada ao seu uso. É da responsabilidade do usuário dessa Norma estabelecer a proteção e segurança necessária, e determinar a aplicabilidade dos regulamentos específicos.

2 - DOCUMENTOS CONSULTADOS

2.1 - NORMAS

- ARTERIS ET 231 – Balanças usadas nos ensaios
- ARTERIS T 166 – Massa específica aparente de misturas asfálticas compactadas usando amostras saturadas e superfície seca.
- AASHTO T 245 – Ensaio Marshall para misturas betuminosas.
- ARTERIS T 275 - Densidade aparente de misturas asfálticas compactadas usando corpos de prova parafinados.
- ARTERIS T 312 – Preparação e determinação da densidade de amostras de mistura asfáltica quente (MAQ) através do compactador giratório superpave.

2.2 - NORMAS ASTM

- D 6752/D 6752M - Massa Específica Aparente e Densidade de Misturas Asfálticas Compactadas, usando Selagem Automática a Vácuo.

- D 7227/D7227M – Prática para secagem rápida de corpos de prova de mistura asfáltica compactada usando aparelho de secagem a vácuo.
- E1 – Especificação padrão para termômetros de vidro.

2.3- OUTROS DOCUMENTOS

- FHWA-IF-02-044, NCAT Report N° 02-11 : Bulk Specific Gravity Round-Robin Using the CoreLokTM Vacuum Sealing Device.

3 – TERMINOLOGIA

3.1 – Definições

3.1.1 - Massa Específica Aparente (de sólidos) – A razão do peso ao ar de uma unidade de volume de um material permeável (incluindo não só os vazios permeáveis, mas também os impermeáveis do material) a uma determinada temperatura, para o peso ao ar de igual volume de água destilada livre de gases a uma determinada temperatura.

A forma da expressão será:

Massa Específica Aparente x / y °C

onde:

x = temperatura do material, e
y = temperatura da água

3.1.2 - Massa Constante – É definida como a massa em que não é alterada em mais de 0,05% quando pesados em intervalos de 2h.

4– AMOSTRAS PARA ENSAIOS

4.1 - As amostras podem ser de misturas asfálticas moldadas em laboratório ou retiradas da pista. A mistura pode ser camada de rolamento, binder ou camada de nivelamento, ou base asfáltica.

4.2 – Tamanho das Amostras – As amostras devem ser conforme requerido no T 166.

4.3 – Os corpos de prova da pista devem ser retirados com broca de diamante ou carborundum ou de outra forma adequada.

4.4 – Cuidados devem ser tomados para evitar distorção, flexão ou trincas no corpo de prova durante ou após a sua remoção do pavimento ou molde. As amostras devem ser guardadas em local fresco e seguro.

4.5 – As amostras devem estar livres de materiais estranhos como, imprimação, pintura de ligação, material de camada subjacente, solo, papel ou alumínio.

4.6 - Se necessário, os corpos de prova podem ser separados das outras camadas do pavimento por serra ou outro meio adequado. Devem ser tomados cuidados para a serra não danificar a amostra. Bordas afiadas ou agregados pontiagudos podem

perfurar o plástico. As beiradas ou bordas das amostras podem ser, se necessário, serradas, se o saco plástico não acomodar a amostra de uma forma uniforme.

5 – EQUIPAMENTO

- 5.1 - *Cortador de Plástico* – Uma faca, tesoura ou outros tipos de ferramenta de corte pode ser usado para abrir rapidamente os sacos.
- 5.2 – Estufa - A estufa deve ser capaz de manter a temperatura apropriada para secagem da amostra até massa constante.
- 5.3 - *Balança* – A balança deve ter capacidade suficiente, precisão de 0,1 por cento da massa do corpo de prova, ou melhor, e estar de acordo com os requisitos da M 231. A balança deverá estar equipada com um sistema adequado para suspender e agarrar o corpo de prova que permita a pesagem do mesmo pelo centro do prato.
- 5.4 – *Embalagens Plásticas* – Os dois tamanhos mais comuns de saco são chamados de pequeno e grande. Os pequenos devem ter uma abertura mínima de 235mm e máxima de 260mm, com massa menor que 35g. O grande deverá ter uma abertura mínima de 375mm e uma máxima de 394mm, com massa de 35g ou mais. Os sacos deverão ser feitos de material plástico que não cole no filme de ligante, resistente a furos, capaz de agüentar a temperatura da amostra em até 70°C, impermeável a água, e ser estanque para que o ar não escape do saco. Os sacos deverão ter uma espessura mínima de 0,100mm e máxima de 0,152mm. O fabricante deverá fornecer a massa específica do saco (geralmente impressa na embalagem). Consulte as recomendações do fabricante para assegurar a manipulação correta dos sacos.
- 5,5 – Seladora a vácuo com os seguintes componentes (fotos 1 e 2):
- 5.5.1 - *Câmara de Vácuo* – A bomba deverá ser capaz de expelir o ar da câmara fechada em até 5 mm Hg, em 60 s, ao nível do mar. A câmara deverá ser grande o suficiente para selar amostras de 150mm por 350mm e 150mm de espessura. Ter uma barra com comprimento suficiente para selar completamente sacos pequenos e grandes colocados dentro da câmara. O nível do aquecimento deverá programado de acordo com as recomendações do fabricante, e a composição do saco plástico. O dispositivo deve automaticamente selar o saco plástico e exaurir o ar para a câmara de forma controlada, para assegurar a devida acomodação do saco plástico à amostra. O tempo da operação de exaustão do ar e vácuo deve ser calibrado para levar a câmara à pressão atmosférica em 80 a 120 segundos depois do término da operação. O sistema de vácuo deve ter um fecho que controle a abertura da porta da câmara.
- 5.5.2 - *Medidor de Vácuo ou Manômetro* – É necessário colocar um manômetro calibrado dentro do dispositivo automático de selagem a vácuo para verificar o desempenho da operação de vácuo e a integridade do selo. O manômetro deve ter uma faixa de pelo menos de 10 a 0 mm Hg (10 a 0 torr.) e uma graduação de 1 mm Hg (1torr.) pelo menos.



Foto 1



foto 2

5.6 - *Sistema de Suspensão do Corpo de Prova* – O arame suspendendo o recipiente deve ser o mais fino possível para minimizar possíveis efeitos da variação do comprimento imerso. O sistema deve ser feito de maneira a permitir a imersão total do mesmo e do corpo de prova durante a pesagem.

5.7 – *Termômetro* – ASTM 17°C tendo um intervalo de 19° a 27°, graduado e conforme a ASTM E1. Um medidor eletrônico de temperatura, Um termômetro de resistência ou termopares. pode ser usado.

5.8 - *Recipiente para Água* – Para imersão do corpo de prova na água quando suspenso debaixo da balança, equipado com um ladrão para permitir a manutenção do nível de água constante e controlado por um termostato para manter o banho em $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Um aquecedor e um circulador podem ser adicionados. O circulador não deve estar em uso enquanto se registram as massas das amostras. É importante que o banho de água tenha tamanho suficiente para garantir espaço para a amostra e o saco de plástico em suspensão. As dimensões mínimas sugeridas para o banho de água são de 610mm de comprimento por 460mm de largura por 460mm de profundidade, ou um grande recipiente cilíndrico, funciona bem para este método de ensaio (foto 3).



Foto 3

Nota 1 – Um suporte que amortea o deslocamento de água na amostra, localizado dentro do banho, não terá arestas cortantes. Foram encontrados suportes sem amortecimento que perfuraram os sacos. Um pregador pode ser adicionado para manter o saco submerso e afastado das bordas do recipiente. Um recipiente ao nível dos olhos pode ajudar a prevenir rasgos nos sacos e facilitar o seu uso.

6 – PROCEDIMENTO

6.1 - *Massa inicial da amostras ao ar* – Seque a amostra até massa constante à temperatura de $52 \pm 3^\circ\text{C}$, ou usando aparelho de secagem a vácuo de acordo com a ASTM D 7227/ D 7227M. Amostras saturadas de água, devem ser inicialmente secas durante a noite e a sua massa determinada a intervalos de secagem de 2 horas. Amostras recentes de laboratório que não foram expostas à umidade não requerem secagem. Esfrie a amostra à temperatura ambiente de $25 \pm 5^\circ\text{C}$, e registre a massa inicial como A. É importante que a amostra tenha menos de 5g de água antes da exposição ao vácuo. Em alto vácuo, vai evaporar água, potencialmente vai causar afrouxamento do saco devido ao gás preso em torno de amostra, resultando em um volume maior e um resultado de massa específica aparente inferior.

Nota 2 – A massa específica aparente determinada por este método pode ser inferior e os vazios de ar superiores aos resultados obtidos pelo T 166. As diferenças podem ser mais pronunciadas em misturas grossas e absorventes. Os usuários deste método devem ser advertidos ao avaliar qualquer alteração no teor ótimo de asfalto ou na graduação dos agregados em projetos de misturas com um histórico de desempenho positivo. Se este procedimento for usado para controle ou garantia da qualidade, os usuários devem ser alertados para seguir este procedimento durante o projeto de mistura de laboratório.

Nota 3 - Amostras moldadas em laboratório, de 3000 a 6000g, podem ser consideradas em equilíbrio com a temperatura ambiente depois de 2 h de resfriamento debaixo de um ventilador. O tempo de resfriamento pode ser reduzido para amostras menores, ou se for verificado que não há diferença significativa de propriedades em relação às amostras com temperatura ambiente e em equilíbrio.

Nota 4 - Algumas etapas podem ser feitas em conjunto com a T 166.

6.2 – *Selagem da Amostra* – Selecione um saco de tamanho apropriado para a amostra. Amostras de 100mm e 150mm de diâmetro com até 50mm de espessura, são normalmente testadas com o saco pequeno. Amostras de 150mm de diâmetro e mais de 50 mm de espessura, são normalmente testadas com o saco grande.

6.2.1 – Ajuste o calor da barra de selagem de acordo com as recomendações do fabricante.

6.2.2 – Inspeção o saco, se não há furos e irregularidades, registre a massa do saco. Coloque o saco dentro da câmara de vácuo sobre a placa de deslizamento.

6.2.3 – Insira a amostra com o lado mais plano e liso para baixo. Isto pode ser feito dentro da câmara, segure o saco aberto com uma das mãos sobre o tabuleiro de suporte, e cuidadosamente insira a amostra com a outra mão (fotos 4 e 5).



Foto 4



Foto 5

- 6.2.4 – Se necessário, tabuleiros de suporte de amostras devem ser adicionados ou retirados antes da inserção das amostras. Segure o lado não selado do saco por cada lado e puxe cuidadosamente até que esteja centrado sobre a barra de selagem, sobrepondo o saco em pelo menos 25 mm.
- 6.2.5 – Assegure-se de que não haja pregas ou dobras no saco ao longo da barra de selagem, antes de fechar a tampa.
- 6.2.6 – Feche a tampa e acople trava de retenção desta. A luz da bomba de vácuo ficará vermelha e o medidor de vácuo no exterior da câmara se ativará ou um monitor digital mostrará o nível de vácuo. É normal se o saco expandir ou inflar durante o processo.
- 6.2.7 – Assim que o processo de selagem terminar, a válvula de “de-vac” se abrirá e o ar entrará na câmara provocando pressão atmosférica o que fará o saco murchar e envolver completamente a amostra.
- 6.2.8 – Destrave o trinco da tampa e cuidadosamente remova a amostra selada da câmara (foto 6). Cuidadosamente puxe o saco em qualquer ponto que pareça frouxo. Pontos frouxos indicam uma selagem mal feita e que o processo deve ser refeito, a partir da seção 6.1, com um novo saco e uma nova massa inicial.



Foto 6

- 6.3 – *Massa da Amostra Selada* – Calcule a massa da amostra selada ao ar pela soma das massas registradas na seção 6.1 e 6.2.2 e registre a massa como B.
- 6.4 - *Massa da Amostra Selada em Água* – Rapidamente pese a amostra selada em banho de água a $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Submergir totalmente a amostra e o saco para garantir que não há bolhas de ar aprisionadas sob a amostra. Certifique-se de que o saco esteja completamente debaixo d'água e que ele não esteja tocando as bordas do banho. Registre esta massa como E.
- Nota 5** – O tempo entre a abertura da tampa da câmara de vácuo, depois da selagem, e da amostra ser colocada no recipiente com água, não deve ser maior que 1 (um) minuto para reduzir a probabilidade de vazamentos do saco.
- 6.5 – *Verificação* – Para assegurar que a selagem do saco foi bem sucedida, remova a amostra do banho e corte o saco. Remova a amostra do saco e determine sua massa. Registre esta massa como C. Compare esta massa com a massa inicial seca “A” determinada na seção 6.1. Se a massa “C” for maior que 5g da massa inicial seca “A”, este método não foi bem executado. A verificação estará conforme se houver perda de massa de menos de 0,08% ou ganho menor que 0,04%. Uma perda indicará perda de material da amostra e um ganho indicará um possível problema de vazamento do saco. Remova o saco e recomece o processo a partir da seção 6.1 se esta verificação não estiver conforme.
- 6.6 - Se a amostra for necessária para ensaios de referência, seque a amostra como descrito no método C do T 166 ou vácuo segundo D 7227/ D 7227M.
- 6.7 - Se a amostra não for necessária para ensaios de referência, seque a amostra como descrito no método A do T 166 ou vácuo segundo D 7227/ D7227M.

7 – CÁLCULOS

- 7.1 - Calcule a massa específica aparente da amostra como indicado. Registre o valor arredondado com aproximação de 0,001.

$$G_{mb} = \frac{A}{[C + (B - A)] - E - \left(\frac{B - A}{F}\right)} \quad (2)$$

onde:

G_{mb} = massa específica aparente;

A = massa inicial da amostra seca ao ar, g;

B = massa calculada da amostra selada, g;

C = massa final da amostra após remoção do saco, g;

E = massa da amostra selada na água, g e

F = massa específica aparente do material selante plástico a 25°C , fornecida pelo fabricante.

- 7.2 – Calcule a densidade da amostra como indicado. Registre o valor arredondado com aproximação de 1 kg/m^3 .

$$\tilde{n} = G_{mb} \left(\tilde{a} \right) \quad (3)$$

onde:

G_{mb} = massa específica aparente da amostra;

\tilde{n} = densidade da amostra, kg/m^3 e

\tilde{a} = densidade da água a 25°C, ($997,0 \text{ kg/m}^3$, $0,997 \text{ g/cm}^3$).

8 – CALIBRAÇÃO

8.1 - Verificação do Sistema:

- 8.1.1 – O ajuste de vácuo do equipamento deve ser verificado no mínimo, uma vez a cada 3 (três) meses, depois de consertos, depois de transporte ou mudança.
- 8.1.2 – A verificação deve ser feita com um indicador de vácuo absoluto capaz de ser colocado dentro da câmara e fazendo-se a leitura do medidor do dispositivo de selagem.
- 8.1.3 – Coloque o indicador dentro da câmara e registre a leitura. O indicador deve indicar uma leitura igual ou inferior a 10mm Hg. O equipamento não deve ser utilizado se o indicador indicar uma leitura acima de 10mm Hg.

8.2 - Verificação do Saco Plástico:

- 8.2.1 – A massa específica aparente do saco plástico fornecida pelo fabricante deve ser verificada periodicamente.
- 8.2.2 – Compacte uma amostra no tamanho nominal máximo do agregado de 4,75mm (Nº 4) com um compactador Marshall ou um compactador Giratório (de acordo com o T 245 ou T 312, respectivamente) nas dimensões mínimas de 100mm de diâmetro por 60mm de espessura. A amostra deve ser compactada com $4,0 \pm 1,0\%$ de vazios de ar.
- 8.2.3 - Usando três sacos plásticos do mesmo lote e tamanho, e a amostra compactada da secção 8.2.2, proceda conforme a secção 6; determine a massa específica da amostra compactada para cada saco individual.
- 8.2.4 – Calcule a média das três massas específicas aparentes (ou densidades) obtidas com cada saco.
- 8.2.5 – Determine a massa específica aparente da mesma amostra compactada, pelo T 166.
- 8.2.6 – A média da massa específica aparente (ou densidade) calculada para a amostra da MAQ usando o saco plástico deve estar dentro de $\pm 0,020 \text{ g/cm}^3$ (20 kg/m^3) da massa específica aparente (ou densidade) conforme determinado pelo T 166 para a mesma amostra MAQ. Se a diferença entre as massas específicas aparentes pelo T 166 e T 331 estiver fora desta tolerância, seque a amostra pelos procedimentos da secção 6.1, e repita a verificação acima. Calcule a média dos valores da primeira e segunda verificação, e certifique-se de que a diferença é menor ou igual a $0,02 \text{ g/cm}^3$. Entre em contato com o fabricante se esta verificação não passar na tolerância.
- 8.2.7 – Esta secção deve ser repetida para cada tamanho de saco.

9 – PRECISÃO

9.1 - Os critérios para aprovação dos resultados de massa específica aparente obtida por este método são fornecidos na tabela 1:

Tabela 1: Aceitação da Massa Específica Aparente^α

Ensaio e Tipo de índice	Desvio Padrão	Variação admissível entre dois resultados
Precisão para 1 operador	0,0124	0,035
Precisão Multilaboratório	0,0135	0,038

α As precisões estimadas foram obtidas da Publicação “Bulk Specific Gravity Round-Robin Using the CoreLok™ Vacuum Sealing Device” (Massa Específica Aparente usando o Dispositivo de Selagem a Vácuo CoreLok™).

O número da publicação do estudo, de fundos FHWA, foi FHWA-IF-02-044, NCAT Report N° 02-11.

9.2 – Os valores fornecidos na coluna 2 são os desvios padrão apropriados para as condições do ensaio descrito na coluna 1. Os valores fornecidos na coluna 3 são os limites que não devem ser ultrapassados pela diferença entre os resultados de 2 (dois) ensaios conduzidos corretamente.

¹ Similar, mas não idêntico ao ASTM D 6752/D 6752M-11.