TÍTULO

PROJETO DE DOSAGEM DE CONCRETO ASFÁLTICO COM FRESADO.

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Projeto. Mistura Asfáltica. Ensaios.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 4
2 ESCOPO 4
3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 5
4 DEFINIÇÕES 5
4.1 Agregado 5
4.2 Filer 5
4.3 Fresagem 6
4.4 Material fresado (RAP) 6
4.5 CAP 6
4.6 Ligante asfáltico modificado por polímero 6
4.7 Ligante asfáltico modificado por borracha (AMB) 6
4.8 Teor de ligante asfáltico estimado 6
4.9 Ligante absorvido (Pba) 7
4.10 Ligante asfáltico efetivo em mistura asfáltica 7
4.11 Massa específica real dos agregados (γr) 7
4.12 Massa específica aparente dos agregados (γa) 8
4.13 Absorção de água pelos agregados 8
4.14 Massa específica real do filer 8
4.15 Massa específica aparente do agregado total (MEsb) 8
4.16 Massa específica real do agregado total (MEsa) 8
4.17 Massa específica efetiva do agregado total (MEse) 8
4.18 Massa específica aparente do corpo de prova compactado (MEa) 9
4.19 Massa específica máxima medida em amostras não compactadas (MEmm) 9
4.20 Diâmetro máximo do agregado (DM) 9
4.21 Diâmetro máximo nominal (DMN) 9
4.22 Superfície específica 10
4.23 Volume de vazios (Vv) 10
4.24 Vazios do agregado mineral (VAM) 10
4.25 Vazios cheios de Asfalto (VCA) 11
4.26 Relação asfalto/vazios (RAV) 11

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

4.27 Estabilidade Marshall 11
4.28 Fluência Marshall 11
4.29 Resistência à tração por compressão diametral (RT) 11
5 APARELHAGEM E MATERIAL 11
5.1 Aparelhagem 11
5.2 Materiais e reagentes 13
6 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CAP/MISTURA E DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMETRICA DOS AGREGADOS DO MATERIAL FRESADO (RAP) 14
6.1 Teor de CAP/Mistura 14
6.2 Distribuição granulométrica dos agregados do material fresado 14
7 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA 14
7.1 Amostras de agregados 14
7.2 Massa específica aparente, real e absorção dos agregados: graúdos e miúdos e fileres 14
7.3 Granulometria dos agregados 14
7.4 Linha de densificação máxima 15
7.5 Massa de agregados virgens por corpo de prova 16
7.6 Fresado – Caracterização e fracionamento para composição da massa do corpo de prova 16
7.7 Massa de agregados virgens, fresado e filer por corpos de prova 17
7.8 Preparo e compactação dos corpos de prova 18
8 VOLUMETRIA DOS CORPOS DE PROVA COMPACTADOS 20
8.1 Parâmetros Marshall 20
9 DANO POR UMIDADE INDUZIDA (DUI) 21
10 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS (GRÁFICOS) E ENSAIO MODELO 21
11 REFERÊNCIAS NORMATIVAS 24

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1 OBJETIVO

Este método, que é uma norma técnica, apresenta os procedimentos para (i) preparação de corpos de prova cilíndricos de misturas asfálticas a quente com adição de mistura asfáltica fresada, tipo: concreto asfáltico e pré misturado a quente e (ii) a determinação dos parâmetros volumétricos para misturas asfálticas compactadas conforme método Marshal.

Este método se aplica para misturas recicladas com até 25% de fresado, sem necessidade de adição de agente rejuvenescedor.

2 ESCOPO

Misturas asfálticas consistem a composição de agregados graúdos e miúdos com adição de fileres e ligantes asfálticos em proporções preestabelecidas, e quando aquecidos, o ligante asfáltico apresenta uma fluidez que permitem que os materiais sejam misturados, resultando em uma mistura homogênea e trabalhável, permitindo que seja espalhada e compactada.

Uma mistura asfáltica com qualidade implica, necessariamente na: (i) rigorosa escolha dos materiais constituintes, (ii) adequada composição entre eles e (iii) na compatibilidade de interação entre mesmos. O projeto de dosagem norteará todas as etapas: produção, transporte e aplicação da mistura asfálticas em campo, de forma que, após a aplicação, o revestimento asfáltico propicie ao usuário, conforto e segurança ao rolamento e para o gestor da via características estruturais satisfatória quanto a resistência e durabilidade.

Os procedimentos apresentados nessa norma contemplam as diretrizes para elaboração de dosagem de concreto asfáltico e pré misturado a quente, com adição de mistura asfáltica fresada, doravante nessa norma denominado de “fresado”, com distribuição granulométrica contínuas e descontínuas, com emprego de cimento asfáltico de petróleo (CAP), ligante asfáltico modificados por polímeros e por borracha. Nesse método são recomendados os procedimentos de compactação manual e automático.

No procedimento também é contemplado a avaliação da mistura asfáltica quanto a adesividade ligante asfáltico/agregado com emprego do ensaio de Dano por Umidade Induzida (DUI) conforme prescreve a norma NBR 15617[(3)].

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para a realização do Projeto de Dosagem de Mistura Asfáltica descrito nessa norma, os materiais pétreos, fresado e ligantes asfálticos, que serão utilizados na dosagem devem ser submetidos aos ensaios preliminares de caracterização e enquadrar nos parâmetros de aceitação conforme consta nas normas de especificação (Exemplo ET-DE-P00/027[7]) de concreto asfáltico. Os ensaios de caracterização e os parâmetros limites para os materiais pétreos e ligantes asfálticos são:

Para a agregados graúdos e miúdos, virgens e oriundos de fresagem:

a) índice de forma das partículas superior a 0,5, conforme DNIT 425/2022 - ME[11];

b) Resistência a abrasão Los Angeles igual ou inferior a 50%, conforme NBR 16974 [5];

c) Equivalente de areia conforme NBR 12052 [1] da mistura dos agregados miúdos, deve ser igual ou superior a 55%;

d) Durabilidade com sulfato de sódio, perdas inferiores a 12% em cinco ciclos, conforme DNER ME 089/1994[16].

Para os ligantes asfálticos adicionados:

a) Cimento asfáltico de petróleo (CAP) classificação por penetração, atendendo ao especificado no regulamento técnico ANP no 3/2005 de 11/07/2005 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP;

b) CAPs modificados por polímero tipo SBS.

4 DEFINIÇÕES

4.1 Agregado

Materiais naturais podem ser obtidos diretamente da natureza, sendo apenas beneficiado por um processo de lavagem e/ou de cominuição, como a pedra britada e seixo rolado. Sem forma e volume definidos, de dimensões e propriedades estabelecidas para uso em obras de engenharia civil.

4.2 Filer

Material finamente pulverizado, com diâmetro inferior a 0,075 mm se:

a) natural, constituído da mesma mineralogia dos agregados e
b) artificial como: cal CH-I, cimento, pó calcáreo ou outro material.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

4.3 Fresagem

Operação em que é realizado o corte ou desbaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico, por processo mecânico a quente ou a frio, para remover camadas deterioradas do pavimento, visando restaurá-lo.

4.4 Material fresado (RAP)

Material proveniente do processo de fresagem ou de remoção de camada de revestimento asfáltico. O termo RAP é oriundo do inglês Reclaimed Asphalt Pavement ou Pavimento Asfáltico Recuperado.

4.5 CAP

Cimento asfáltico de petróleo (CAP), substâncias compostas por hidrocarbonetos pesados, com propriedades ligantes, inflamáveis, de elevada viscosidade em temperatura ambiente, e que ocorrem na natureza ou são obtidos por fabricação, a partir da destilação do petróleo. No Brasil são regulamentos através da Resolução ANP Nº 19, de 11.7.2005

4.6 Ligante asfáltico modificado por polímero

São CAPs que foram adicionados polímeros (aditivos químicos e elastômeros) a sua constituição de forma a modificar (melhorar) as propriedades reológicas do CAP. No Brasil são regulamentos através da Resolução ANP Nº 32, de 21.09.2010

4.7 Ligante asfáltico modificado por borracha (AMB)

São CAPs que foram adicionados borracha de pneu moído a sua constituição de forma a modificar (melhorar) as propriedades reológicas do CAP. No Brasil são regulamentos através da Resolução ANP Nº 39, de 24.12.2008

4.8 Teor de ligante asfáltico estimado

É a quantidade de ligante, em porcentagem, que se estima através de cálculos um valor próximo ao teor ótimo de ligante asfáltico, sendo apenas orientativo. Determinado pela equação 1

$$P = 0{,}035A + 0{,}045B + Kc + 0{,}7 \qquad (1)$$

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Onde: P = teor estimado de ligante asfáltico em porcentagem

A = porcentagem de agregados retidos na peneira de n° 8 (2,36 mm)

B = porcentagem de agregados passsantes na peneira de n° 8 (2,36 mm) e retidos na n° 200 (0,075 mm)

C = porcentagem de agregados passantes na peneira de n° 200 (0,075 mm)

K = Constante em função da % passante da peneira n° 200 (0,075 mm)

0,15 para 11,0 – 15,0 por cento que passa pela peneira de n.º 200

0,18 para 6,0 –10,0 por cento que passa pela peneira de n.º 200

0,20 para até 5,0 por cento ou menos que passa pela peneira de n.º 200

4.9 Ligante absorvido (Pba)

Volume de ligante asfáltico que ocupa parte dos vazios permeáveis a água da mistura asfáltica (%). Determinado pela equação 2

$$P_{ba} = \left(\frac{ME_{se} - ME_{sb}}{ME_{se} * ME_{sb}}\right) * ME_b * 100 \qquad (2)$$

Onde: Pba = ligante asfáltico absorvido em relação a massa do agregado (%)

MEb = massa específica do ligante asfáltico (g/cm³)

4.10 Ligante asfáltico efetivo em mistura asfáltica

É a quantidade de ligante asfáltico adicionada à mistura menos o volume de ligante asfáltico absorvido. Determinado pela equação 3.

$$P_{be} = P_b - \left(\frac{P_{ba}}{100}\right) * P_s \qquad (3)$$

Onde: Pbe = teor de ligante asfáltico efetivo em relação a massa total da mistura (%)

Pb = teor de ligante asfáltico em relação a massa total da mistura (%)

Ps = massa total de agregado em relação a massa total da mistura (%)

4.11 Massa específica real dos agregados (γr)

É a relação entre a massa do agregado e seu volume, não incluso o volume dos vazios permeáveis a água, (g/cm³). Determinada conforme prescreve a normas:

a) Agregado graúdo, fração: 4,76 < # < 19,1 mm – norma: DNIT 413/2021 - ME[10]
b) Agregado miúdo, fração: 0,075 < # < 4,76 mm – norma: DNIT 411/2021 - ME[8]

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

4.12 Massa específica aparente dos agregados (γa)

É a relação entre a massa do agregado e seu volume, incluindo os volumes dos vazios permeáveis a água, (g/cm³). Determinada conforme prescreve a norma:

a) Agregado graúdo, fração: 4,76 < # < 19,1 mm – norma: DNIT 413/2021 - ME[10]
b) Agregado miúdo, fração: 0,075 < # < 4,76 mm – norma: DNIT 411/2021 - ME[8]

4.13 Absorção de água pelos agregados

Aumento da massa do agregado, devido ao preenchimento por água de seus poros permeáveis, expresso como porcentagem de sua massa seca. Determinada conforme prescreve a normas:

a) Agregado graúdo, fração: 4,76 < # < 19,1 mm – norma: DNIT 413/2021 - ME[10]
b) Agregado miúdo, fração: 0,075 < # < 4,76 mm – norma: DNIT 411/2021 - ME[8]

4.14 Massa específica real do filer

É a relação entre a massa do filer e o seu volume, (g/cm³). Determinado conforme preconiza o método de ensaio, DNER - ME 085/1994[15].

4.15 Massa específica aparente do agregado total (MEsb)

É a relação entre as frações dos agregados: graúdos, miúdos e filer e seus respectivos volumes aparentes (vazios permeáveis à água inclusos) (g/cm³), determinada pela equação 4.

$$ME_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \cdots + P_n}{\frac{P_1}{\gamma_{a1}} + \frac{P_2}{\gamma_{a2}} + \cdots + \frac{P_n}{\gamma_{an}}} \qquad (4)$$

Onde: MEsb = Massa específica aparente do agregado total (g/cm³)

P1, P2 ...Pn = porcentagens em massa dos agregados: 1,2 ...n;

γ a1, γ a2, ... γan = massa específica aparente dos agregados: 1, 2, ...n.

4.16 Massa específica real do agregado total (MEsa)

É a relação entre as frações dos agregados: graúdos, miúdos e filer e seus respectivos volumes, com os vazios permeáveis a água não inclusos (g/cm³). Determinada pela equação 5.

$$ME_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \cdots + P_n}{\frac{P_1}{\gamma_{r1}} + \frac{P_2}{\gamma_{r2}} + \cdots + \frac{P_n}{\gamma_{rn}}} \qquad (5)$$

Onde: ME_{sa} = Massa específica real do agregado total (g/cm³)

P1, P2 ...Penh = porcentagens em massa dos agregados: 1,2 ...n;

γ r1, γ r2, ... γrn = massa específica aparente dos agregados: 1, 2, ...n.

4.17 Massa específica efetiva do agregado total (MEse)

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

É a relação entre as frações dos agregados: graúdos, miúdos e filer e seus respectivos volumes, considerando que parte dos vazios permeáveis a água são preenchidos por ligante asfáltico (g/cm³), determinada pela equação 6.

$$ME_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{ME_{mm}} - \frac{P_b}{ME_b}} \qquad (6)$$

Onde: MEse = Massa específica efetiva do agregado total (g/cm³)

Pmm = mistura solta total expressa em porcentagem do peso total da mistura (= 100%);

MEmm = Massa específica máxima medida em amostras não compactadas (g/cm³)

Pb = porcentagem de ligante asfáltico da massa total da mistura (%)

MEb = massa específica do ligante asfáltico (g/cm³)

4.18 Massa específica aparente do corpo de prova compactado (MEa)

É a relação entre a massa do corpo de prova e o volume total do corpo de prova compactado, com os vazios de ar inclusos (g/cm³), determinada pela equação 7, conforme prescreve o método ensaio DNIT 428/2022 - ME [13].

$$ME_a = \frac{D}{E - F - \frac{E-D}{\gamma pa}} * \gamma_t \qquad (7)$$

Onde: MEa – massa específica aparente do corpo de prova (g/cm³)

D = massa do corpo de prova seco ao ar (g);

E = massa do corpo de prova revestido seco ao ar, expressa em gramas (g);

F = massa do corpo de prova revestido com filme PVC (g);

γpa = massa específica do filme PVC (g/cm³);

4.19 Massa específica máxima medida em amostras não compactadas (MEmm)

É a relação entre a massa da mistura asfáltica solta e o seu volume. Pode ser determinada como prescreve a norma DNIT 427/2020-ME [12].

4.20 Diâmetro máximo do agregado (DM)

É definido como sendo o tamanho da menor peneira, da série normal, que permite a passagem de 100% do material.

4.21 Diâmetro máximo nominal (DMN)

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Diâmetro máximo nominal do agregado é definido como o diâmetro da peneira, da série normal, inferior àquela que passa 100% e que retém mais de 10%

4.22 Superfície específica

Superfície específica dos agregados é a relação entre a área e a massa dos agregados (m²/kg)

4.23 Volume de vazios (Vv)

Define-se como sendo o volume dos espaços vazios do corpo de prova. Determinado pela equação 8.

$$Vv = \frac{ME_a - ME_{mm}}{ME_{mm}} * 100 \qquad (8)$$

Onde: Vv = volume de vazios (%)

4.24 Vazios do agregado mineral (VAM)

Vazios intragranulares do corpo de prova Marshall compactado que inclui os vazios de ar e o ligante asfáltico efetivo. Determinado pela equação 9.

$$VAM = 100 - \left(\frac{ME_a * P_s}{ME_{sb}}\right) \qquad (9)$$

Onde: VAM = vazios do agregado mineral (%)

Ps = porcentagem do agregado em massa da mistura (%)

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

4.25 Vazios cheios de Asfalto (VCA)

Vazios intragranulares do corpo de prova Marshall compactado, preenchido por ligante asfáltico. Determinado pela equação 10.

$$VCA = \frac{(VAM - V_v)}{VAM} * 100 \qquad (10)$$

Onde: VCA = vazios cheios de asfalto (%)

4.26 Relação asfalto/vazios (RAV)

Expressa a relação entre o volume de ligante asfáltico efetivo e o VAM, dado pela equação 11.

$$RAV = \frac{VCA}{VAM} * 100 \qquad (11)$$

Onde: RAV = relação asfalto/vazios (%)

4.27 Estabilidade Marshall

Resistência máxima diametral, de mistura asfáltica, quando submetido a um carregamento estático linear em suporte padronizado do corpo de prova Marshall. Expresso (N)

4.28 Fluência Marshall

Deformação máxima, sofrida pelo corpo de prova para atingir o valor de Estabilidade definido no item 4.27, (mm)

4.29 Resistência à tração por compressão diametral (RT)

Resistência do corpo de prova Marshall à tração, determinada pela norma NBR 15087/2012[(2)] Expresso em MPa.

5 APARELHAGEM E MATERIAL

5.1 Aparelhagem

a) Compactador automático Marshall, constituído de base de madeira (elevada densidade) com seção quadrada nas dimensões aproximadas de: 250 mm de largura e 400 mm de altura, placa de aço quadrada fixada sobre o topo da base de madeira com dimensões de cerca de 25 mm de espessura e 300 mm de largura. Guias metálicas fixadas verticalmente a base munida de rolamentos e corrente com pinos de engate que quando acionada por um motor propicia o levantamento do peso do soquete até o limite superior deixando-o peso cair em queda livre. O compactador não deve permitir o repique na compactação e permitir uma velocidade entre 0,8 s e 1,0 s por golpe. Dispor de contador de golpes;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

b) Bloco da mesma madeira, revestido com placa de aço nas mesmas dimensões do utilizado no compactador automático Marshal (4.1.1), para ser utilizado na opção de compactação manual dos corpos de prova;

c) Fixador para molde Marshall (compactação manual);

d) Soquete;

e) Molde cilíndrico, colarinho e base;

f) Prensa hidráulica ou manual com capacidade de manter a velocidade do êmbolo de 50 mm/min com carga de 5 t. Sistema de medição de deslocamento da base móvel com precisão em mm (LVDT, relógio comparador ou similar) e dispositivo de medição da carga aplicada com capacidade de 5 t (Célula de carga, anel dinamométrico ou similar);

g) Banho maria;

h) Paquímetro;

i) Suporte para resistência à tração por compressão diametral;

j) Suporte de estabilidade;

k) Medidor de fluência;

l) Espátula;

m) Panela de ferro ou alumínio com capacidade de 3l;

n) Chapa elétrica de aquecimento;

o) Fogareiro;

p) Tela aramada revestida por com amianto;

q) Estufa com capacidade de temperatura de 180 ºC;

r) Conjunto de peneiras em latão nas dimensões de 8” de diâmetro x 2” de altura com as seguintes aberturas em mm: (25,4, 19,1, 15,9, 12,5, 9,54, 4,76, 2,0, 1,2, 059, 0,42, 0,177 e 0,075) e um conjunto de tampa e fundo;

s) Agitador elétrico de peneiras, com “timer” e capacidade para peneiramento, de uma só vez, de uma série normal de peneiras com tampa e fundo;

t) Balança com capacidade mínima de 4 kg sensibilidade e 0,01g com dispositivo para pesagem hidrostática;

u) Bacias plásticas capacidade 3 l;

v) Piceta com capacidade de 250 ml;

w) Bandejas metálicas retangular de dimensões aproximadas de 400 mm de largura x 600 mm de comprimento e 60 mm de altura;

x) Extrator de amostra Marshal manual ou hidráulico;

y) Cesto de tela aramada de 2 mm, munida de alça com capacidade de aproximadamente 3 l;

z) Termômetro bimetálico, escala 0 a 250 ºC sensibilidade 2ºC;

aa) Termômetro de vidro com graduação externa e escala entre 0º e 100ºC graduação de

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

1ºC;

bb) Termômetro de vidro com graduação externa e escala entre 0º e 200ºC graduação de 2ºC;

cc) Bloco da mesma madeira, revestido com placa de aço nas mesmas dimensões do utilizado no compactador Marshal automático, para ser utilizado na opção de compactação manual dos corpos de prova;

dd) Funil metálico;

ee) Pinça tenaz abertura de 4”;

ff) Colher de metal;

gg) Recipiente com capacidade de 0,5 litros, munido de alça refratária e bico;

hh) Forno NCAT, conforme ME-DE-P00/011[(6)],

5.2 Materiais e reagentes

a) Luvas de kevlar ou amianto, para altas temperatura;

b) Papel filtro de 4” de diâmetro;

c) Querosene;

d) Vaselina sólida;

e) Parafina;

f) Folha de lixa 80 para ferro;

g) Sacos plásticos;

h) Embalagem de alumínio descartável;

i) Lápis de cera ou giz;

j) Folha de ensaio;

k) Tricloroetileno ou percloroetileno;

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

6 DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CAP/MISTURA E DA DISTRIBUIÇÃO GRANULOMETRICA DOS AGREGADOS DO MATERIAL FRESADO (RAP)

6.1 Teor de CAP/Mistura

Determinar o teor de CAP/Mistura do material fresado, de acordo com o método de ensaio ME-DE-P00/011[(6)]. O teor de ligante asfáltico do material fresado será a média de três determinações.

6.2 Distribuição granulométrica dos agregados do material fresado

Determinar a distribuição granulométrica, de acordo com o método de ensaio DNER ME 083/1998[(14)], com lavagem na peneira de abertura 0,075 mm (nº200). A distribuição granulométrica média do agregado do fresado será a média de três determinações.

7 CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

7.1 Amostras de agregados

As amostras de agregados, fileres, ligantes asfálticos, fresado e aditivos utilizadas no projeto de dosagem devem ser as mesmas que serão utilizadas na produção da mistura asfáltica. Se porventura ocorrer a substituição de qualquer material, parte ou integralmente, o projeto de dosagem deve ser descartado e um novo projeto realizado com os novos materiais.

7.2 Massa específica aparente, real e absorção dos agregados: graúdos e miúdos e fileres

Determinar as massas específicas aparente, real e absorção dos agregados conforme as normas:

a) Agregado graúdo, fração: 4,76 < # < 19,1 mm – norma: DNIT 413/2021[(10)] – ME
b) Agregado miúdo, fração: 0,075 < # < 4,76 mm – norma: DNIT 411/2021[(8)] – ME

Nota: As frações dos agregados graúdos e miúdos, para essas determinações, deverão ser compostas com os agregados do fresado na proporção da dosagem do mesmo à mistura.

7.3 Granulometria dos agregados

Determinar a distribuição granulométrica dos materiais granulares virgens que irão compor a mistura, conforme prescreve a norma: DNIT 412/2019 - ME [(9)]. Da mesma forma, determinar a distribuição granulométrica do material fresado.

Nota: Devido a relevância da fração filer na composição de misturas asfálticas, recomendado a quantificação dessa parcela presentes nos materiais granulares. Portanto, é recomendado que o ensaio de análise granulométrica dos materiais granulares virgens e oriundos do fresado sejam realizados por lavagem.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

a) A composição granulométrica da mistura asfáltica, consiste na adequada combinação entre as proporções de agregados: graúdos, miúdos e filer, tanto os agregados virgens como os oriundos do freado, de forma a enquadrá-los dentro dos limites da faixa de especificação, preferencialmente, no centro dessa.

b) Dependendo das características granulométricas dos materiais constituintes, torna-se necessário a adição de material na fração areia. Caso opte-se pela adição de areia lavada de rio, a porcentagem adicionada não deve exceder a 10% da mistura de agregados.

c) A distribuição granulométrica da mistura asfáltica, com adição de material fresado é o resultado da somatória dos agregados virgens e do material fresado. A composição pétrea da mistura deve ser tal que a adição das porcentagens de cada material, multiplicado pelas suas respectivas frações passantes em cada peneira e somada a distribuição granulométrica do material pétreo do fresado, resulte em uma composição enquadrada dentro dos limites da especificação granulométrica.

d) Após a obtenção da distribuição granulométrica da mistura asfáltica, determina-se a faixa de trabalho especificações de projeto. Caso a distribuição granulométrica da mistura asfáltica esteja próxima dos limites: inferior ou superior da especificação, de forma que a faixa de trabalho se situe fora dos limites da faixa de especificação, a faixa de trabalho deve assumir o limite da faixa de especificação.

7.4 Linha de densificação máxima

a) A linha de densificação máxima é uma relação matemática para verificar os vazios existentes entre os agregados de maior e menor tamanho após a densificação da mistura asfáltica. Essa relação, baseada nas curvas de Fuller, descreve a graduação de densidade máxima, promovendo um mínimo de vazios do agregado mineral (VAM) na mistura.

b) Com escala linear no eixo das abcissas, os gráficos de graduação para os diversos tamanhos de peneiras, utiliza-se a potência de 0,45, conforme recomendação Federal Highway Administration – FHWA (Robert et. Al., 1996).

c) Uma característica importante do gráfico obtido é que ele atribui um zero teórico ao tamanho da peneira. Consequentemente, em termos práticos, as linhas de densificação máxima, (linhas retas) são plotadas a partir da origem, onde se dá a intersecção entre os eixos (zero por cento passante x zero teórico do tamanho da peneira). Estas retas finalizam-se no ponto correspondente ao diâmetro máximo nominal – (DMN) dos agregados na potência de 0,45.

É recomendado que a distribuição granulométrica obtida no item 7.3 alínea c apresente-se paralela a linha de densificação máxima correspondente. O cruzamento dessa linha pela distribuição granulométrica testada para peneiras de maior tamanho, pode implicar em problemas de segregação da mistura asfáltica em pista.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

7.5 Massa de agregados virgens por corpo de prova

a) A altura dos corpos de prova de mistura asfáltica, após a moldagem, deve ser de 63,5 mm com tolerância de +/- 1,3 mm. É recomendado que a massa de agregados e filer que irão compor cada corpo de prova seja obtida com as equações 12 para concreto asfáltico e 13 para pré misturado a quente, determinadas com base na massa específica aparente do agregado total (MEsb), item 4.14.

$$P' = (270{,}054 * ME_{sb} + 421) * (1 - \%F) \qquad (12)$$

$$P' = (318{,}14 * ME_{sb} + 184) * (1 - \%F) \qquad (13)$$

Onde: P' = massa de agregados virgens para moldagem dos corpos de prova Marshall para obtenção da altura do corpo de prova de mistura asfáltica com 63,5 +/- 0,13 mm.

F = massa de material fresado para moldagem dos corpos de prova Marshall para obtenção da altura do corpo de prova de mistura asfáltica com 63,5 +/- 0,13 mm.

b) Agregados virgens - é recomendado para a composição das porções de agregados e filer virgens de cada corpo de prova, que seja feita somando-se as frações correspondente a cada peneira que compõem a granulometria da mistura asfáltica conforme item 7.3 alínea c. Assim, é necessário que os agregados virgens que irão compor a mistura asfáltica, sejam fracionados peneira a peneira.

Como sugestão, fracionar os agregados: brita 1, pedrisco e pó de pedra nas frações conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Sugestão de fracionamento dos agregados virgens

	Frações # (mm)
1	19,1 > # > 15,9
2	15,9 > # > 12,5
3	12,5 < # < 9,52
4	9,52 < # < 4,76
5	4,76 < # < 2,00
6	# < 2,00

7.6 Fresado – Caracterização e fracionamento para composição da massa do corpo de prova

a) A coleta inicial do material fresado deve seguir rigorosamente o procedimento de amostragem de agregados conforme NBR 16915[(4)], de forma a ser representativo e em quantidade suficiente para a determinação da MTF e para as determinações de três teores de ligante asfáltico e de três distribuição granulométrica.

b) O DM do fresado utilizado na determinação do teor de ligante asfáltico, distribuição granulométrica dos agregados e para a composição da mistura asfáltica deve ter no máximo o DM do agregado graúdo virgem que irá compor a mistura.

c) A massa de fresado é função da porcentagem de fresado adicionado à mistura asfáltica

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

e da massa de agregados virgens do corpo de prova P' (equações 12 e 13) e pode ser determinada com aplicação da equação 14. A massa total de fresado (MTF) para a composição de vinte corpos de prova é determinada pela equação 15.

$$F = \frac{P'}{(1-\%F)} - P' \qquad (14)$$

$$MTF = F * 32 * 1{,}05 \qquad (15)$$

Onde: F = Massa de fresado por corpo de prova (g)

MTF = Massa total de fresado para composição dos corpos de prova (g)

Para a obtenção de F, passar a massa total de fresado (MTF) pelo quarteador de amostras de solos (com dimensão da abertura compatível com DM) quantas vezes necessária para a obtenção de vinte porções de F.

d) Com base na formulação da composição da mistura asfáltica (itens 7.4 e 7.5) determinar as porcentagens correspondentes a cada fração de agregados virgens, sugerida na tabela 1, e compor a massa de agregado virgem dos corpos de prova (P') conforme equações 12 ou 13.

7.7 Massa de agregados virgens, fresado e filer por corpos de prova

a) Com a porcentagens de cada fração de agregado virgem descrita no item 7.5 alínea d, compor, dependendo do tipo de mistura asfáltica a ser ensaiada, a massa (Ma) de vinte porções conforme equação 16.

$$M_a = F + P' \qquad (16)$$

Onde: Ma = massa de agregados virgens, filer e fresado

b) Da mesma forma descrita no item 7.6 alínea a compor cinco massas de 1.500 g cada, para a determinação da massa específica máxima teórica (MEMM)

c) Adotar os teores (%L) de ± 0,5% e ± 1,0% em relação ao teor ótimo de ligante asfáltico de projeto estimado. A massa de ligante asfáltico (ML) para os teores desejados podem ser determinadas através da equação 17.

$$ML = \%L * (P' + F) - \%LF \qquad (17)$$

Onde: ML = massa de ligante asfáltico correspondente ao teor de desejado (g)

%L = porcentagem de ligante asfáltico desejado (%)

%LF = porcentagem de ligante asfáltico do Fresado (%)

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

7.8 Preparo e compactação dos corpos de prova

Nessa norma é facultado a moldagem dos corpos de prova Marshall, manualmente ou com emprego de compactadores automáticos, desde que observado o uso do cepo de madeira, conforme descrito no item 5.1 alínea aa, no caso da opção da moldagem manual.

a) Colocar as porções de agregados (P') e filer em vasilhas metálicas ou embalagens de alumínio para aquecimento. Devem ser mantidos em estufa, por no mínimo 4 h de 10ºC a 15ºC acima da temperatura de usinagem estimada através da viscosidade do ligante asfáltico.

b) Colocar a massa de fresado em uma vasilha metálicas ou embalagens de alumínio para aquecimento. O fresado deve permanecer durante um período de no máximo 4 h a temperatura de 60ºC.

c) Aquecer os moldes metálicos, os colarinhos, a base fixa do molde e a base do soquete Marshall.

d) O ligante asfáltico deve ser aquecido, preferencialmente em estufa, na temperatura de usinagem. Caso o aquecimento seja realizado em uma fonte de calor tipo fogareiro, evitar o superaquecimento do ligante asfáltico em contato direto com a chama do fogareiro, revolvendo constantemente o ligante.

e) Retirar a porção de agregados virgens, fresado e filer da estufa e colocá-los dentro uma panela metálica previamente aquecida e mantendo-se a panela sobre uma fonte de calor (chapa aquecida ou fogareiro), revolver com uma espátula a mistura de forma energética por um período de 30 s. Nessa operação deve-se observar o debulhamento dos grumos de fresado, de forma a obter uma mistura seca homogênea.

f) Em seguida, abrir um buraco no centro da mistura seca, expondo o fundo da panela (local para despejar o ligante asfáltico aquecido) e posicionar a bacia com os agregados sobre a balança. Zerar a balança e despejar a massa de ligante (ML) correspondente ao teor de ligante asfáltico desejado, obtido na equação 17, dentro do buraco. Eventual excesso de ligante despejado, remover com auxílio de uma folha de papel.

g) Reposicionar a panela sobre a fonte de calor e revolver energicamente a mistura (mantendo a bacia sobre a fonte de calor) de forma que todos os componentes da mistura estejam recobertos pelo ligante asfáltico com aparência homogênea. Em seguida, despejar a mistura asfáltica dentro de uma bacia metálica ou embalagem de alumínio descartável, identificar e colocar em estufa à temperatura de compactação por 2 h para o período de digestão.

h) Repetir as operações do 7.7 alíneas e até g para os demais corpos de prova. Caso o processo de preparação das misturas asfálticas exceda 2 h do preparo do 1º. corpo de prova, interromper a preparação dos corpos de prova e iniciar a moldagem dos corpos de prova, intercalando as operações de preparo e moldagem, dando prioridade ao tempo de 2 h digestão da mistura.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Nota: Antes do início da preparação das misturas asfálticas, preparar uma porção de mistura asfáltica, conforme descrito no item 7.8, alíneas a até f, no teor ótimo de ligante asfáltico presumível, determinado pela equação 1 do item 4.8. Essa mistura tem por finalidade manter uma película de ligante asfáltico na panela metálica de misturação, de forma a não alterar o teor de ligante asfáltico no preparo da primeira mistura.

i) Untar a parede interna do molde metálico aquecido com uma fina camada de vaselina. Posicionar sobre a base metálica do compactador: a base fixa juntamente com o molde metálico, o colarinho e o funil metálico, colocar um disso de papel filtro no interior do molde. Retirar da estufa a mistura asfáltica usinada, despejar na panela previamente aquecida e novamente misturar com a colher metálica.

j) Como forma de evitar a segregação da mistura no corpo de prova Marshall, não se deve despejar a mistura asfáltica dentro do molde metálico e sim, colocá-la com auxílio da colher metálica. Em seguida, com a espátula, aplicar 15 golpes no perímetro e 10 golpes no centro da mistura. Colocar um disco de papel filtro no topo da mistura, posicionar o soquete (com a base aquecida) a iniciar a compactação com 75 golpes por face do corpo de prova:

- Compactação automática: fixar a manopla do soquete na parte superior do aparelho compactador, zerar o contador de golpes e inicial a compactação. Após a aplicação de 75 golpes, retirar o soquete e virar o corpo de prova. Com auxílio de um martelo e um pedaço de madeira golpear a borda do molde de forma que desça até encostar na base fixa do molde. Posicionar o soquete sobre a amostra e aplicar mais 75 golpes.
- Manual (são necessários dois operadores): um operador segura com uma das mãos a manopla do soque e com a outra golpeia o corpo de prova, o segundo operador gira o molde a cada golpe. Após a aplicação de 75 golpes, inverte o molde e aplica-se a segunda série de 75 golpes. Normalmente, cada série de 75 golpes por corpo de prova é aplicada por um operador.

k) Após a compactação, os moldes com os corpos de prova compactados são identificados e posicionados sobre a geratriz do molde para resfriamento. Pode-se também posicionar sobre a base do corpo de prova, nesse caso, a base deve estar apoiada sobre um disco de forma que o corpo de prova fique totalmente apoiado.

l) Para a extração dos corpos de prova dos moldes, primeiramente, os moldes devem ser colocados em estufa para um prévio aquecimento, até atingir a temperatura tal que seja possível o contato com as mãos sem que queime. Extrair os corpos de prova com auxílio do extrator de amostras.

m) Para a determinação da MEMM, preparar a porção de 1500 g de mistura asfáltica conforme descritos nos itens 7.6 alínea e.

n) Após o período de digestão, retirar a mistura da estufa e despejar em uma bandeja metálica deixando-a esfriar até temperatura ambiente. Em seguida, destorroar a mistura o máximo possível e fazer o ensaio de MEMM conforme DNIT 427/2020-ME[12].

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

o) Traçar um gráfico ortogonal de eixos lineares, onde no eixo das abcissas são plotados os teores de ligante asfáltico adicionado e no eixo das ordenadas as respectivas massas específicas máximas medidas. A plotagem assemelha-se, necessariamente, a uma reta. Traçar uma reta e obter a equação por regressão linear e determinar através dessa regressão, os valores das massas específicas máxima medidas para cada teor de ligante asfáltico adicionado.

8 VOLUMETRIA DOS CORPOS DE PROVA COMPACTADOS

Preencher a folha de ensaio com identificando dos corpos de prova e os respectivos teores de ligante asfáltico adicionado.

Com uma lixa de ferro de gramatura 100, lixar levemente os corpos de prova para remoção de partículas soltas, principalmente, das quinas.

Medir com auxílio do paquímetro o diâmetro de cada corpo de prova em quatro posições diametralmente opostas e medir a altura, também de cada corpo de prova em quatro posições opostas e registrar na folha de ensaio.

Realizar a pesagem hidrostática de cada corpo de prova conforme descreve a norma DNIT 428/2022 - ME[13] e anotar na folha de ensaio: a massa ar, massa imersa e massa com superfície seca saturada.

8.1 Parâmetros Marshall

Determinar os parâmetros MEa equação 7, item 4.18.

8.1.1 Volume de vazios

Obter os volumes de vazios para cada corpo de prova, equação 8 descrito no item 4.22.

8.1.2 VAM

Determinar os vazios do agregado mineral através da equação 9, item 4.23

8.1.3 VCA

Determinar a porcentagem de vazios cheios de asfalto com a equação 10 descrita no item 4.24.

8.1.4 RAV

Determinar a relação entre asfalto e vazios do corpo de prova com a equação 11, item 4.25

8.1.5 Estabilidade

Colocar 2 corpos de prova de cada teor de ligante asfáltico no banho maria a temperatura de 60ºC por um período de no mínimo 30 minutos e no máximo 40 minutos.

Colocar um corpo de prova no dispositivo de estabilidade Marshall, que deve estar pré-aquecido com temperatura ligeiramente acima da temperatura ambiente, com o local onde o corpo de prova for assentado limpo e com os pinos guias lubrificados.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Colocar o dispositivo de estabilidade Marshall no prato da prensa e posicionar o medidor de fluência no pino guia e zerar a escala.

Acionar a prensa de forma a manter uma velocidade de avanço do prato de 50 mm/min. Registrar na folha de ensaio a máxima carga (estabilidade) que o corpo de prova apresentou no ensaio.

8.1.6 Fluência

Na realização do ensaio de estabilidade, medir a fluência (deformação) do corpo de prova apresentou para a máxima carga.

8.1.7 Resistência à tração por compressão diametral

Com os dois corpos de prova remanescentes de cada teor de ligante asfáltico, submetê-los ao ensaio de resistência à tração por compressão diametral (RT) conforme descreve o método de ensaio NBR 15087[(2)].

9 DANO POR UMIDADE INDUZIDA (DUI)

Após a determinação do teor ótimo de ligante asfáltico de projeto, determinar a efetividade da adesividade do ligante asfáltico/agregado com o ensaio de DUI conforme prescreve a norma NBR 15617[(3)].

A mistura asfáltica deve atender a especificação quanto a relação de resistência à tração (RRT). A não conformidade implica, necessariamente, na execução de uma nova dosagem de mistura asfáltica, com adição de novo teor de cal CH-I ou adição de dope ao ligante asfáltico ou mesmo a substituição deste.

10 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS (GRÁFICOS) E ENSAIO MODELO

A apresentação dos resultados é feita em forma de gráficos com os parâmetros: MEa, Volume de vazios, VAM, VCA, RAV, Estabilidade, Fluência e Resistência à tração por compressão diametral em função dos teores de ligante asfáltico adicionados.

Após a determinação do teor de ligante asfáltico de projeto (Exemplo ET-DE-P00-027[(7)]), apresenta-se para esse teor ligante, os respectivos parâmetros descritos acima em forma de tabela. Na Figura 1 é apresentado um modelo de apresentação dos parâmetros Marshall.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Tabela 2 - Modelo de apresentação do resumo dos resultados da dosagem Marshall

Parâmetro	Unidade	Valor	Especificação ET- DE-P00/027 (7)
Teor ótimo de ligante asfáltico de projeto (% em massa)	%		
Massa específica aparente (Gmb)	g/cm³		
Massa específica máxima medida (Gmm)	g/cm³		
Volume de vazios (Vv)	%		
Vazios do agregado mineral (VAM)	%		
Relação asfalto vazios (RAV)	%		
Vazios cheios de asfalto (VCA)	%		
Estabilidade Marshall	kgf		
Fluência	mm		
Resistência à tração por compressão diametral (RT)	MPa		
Dano por umidade induzida (DUI) (condicionamento severo)	%		
Relação filer/asfalto	-o-		

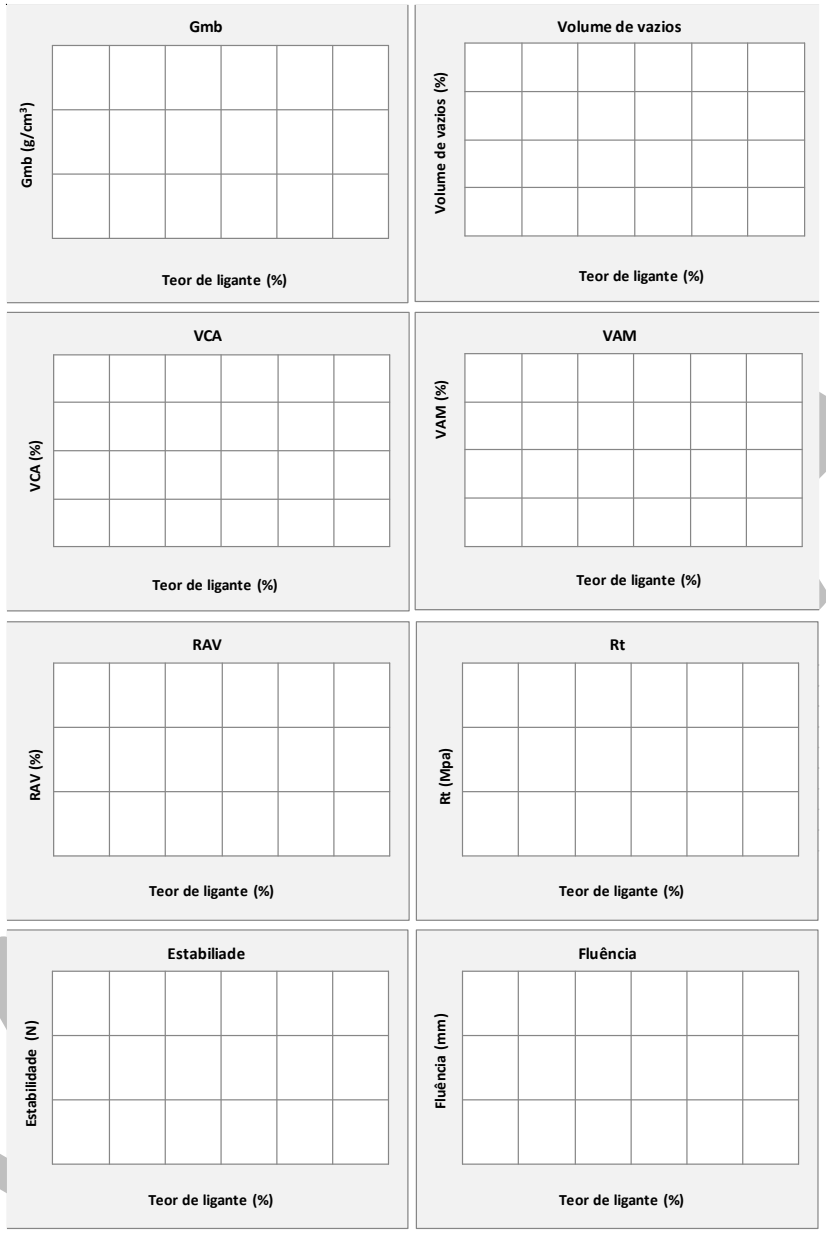
Tabela 3 - Modelo de apresentação dos teores de agregados definidos na dosagem

Material	Procedência	% em massa na mistura de agregados
Brita 1		
Pedrisco		
Pó de pedra		
Cal hidratada CH-I		
Material Fresado (RAP)		

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

Figura 1 – Modelo de apresentação dos parâmetros Marshall



Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

11 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

2. ____. **NBR 15087**. Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2012.

3. ____. **NBR 15617**. Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida. Rio de Janeiro, 2015.

4. ____. **NBR 16915**. Agregados - Amostragem. Rio de Janeiro, 2021.

5. ____. **NBR 16974**. Agregados - Ensaios de resistência ao impacto e à abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2022.

6. DEPERTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO – **ME-DE-P00/011** - Determinação do Teor de Asfalto por Meio do Forno NCAT (Ignition Method). São Paulo. 2023

7. DEPERTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO – **ET-DE-P00-027**- Concreto Asfáltico. São Paulo. 2023

8. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 411/2021 - ME**. Pavimentação – Massa específica, densidade relativa e absorção de agregado miúdo para misturas – Método de ensaio. Brasília, 2021.

9. ____. **DNIT 412/2019 - ME**. Pavimentação - Misturas asfálticas – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento - Método de ensaio. Brasília, 2019.

10. ____. **DNIT 413/2021 – ME.** Pavimentação – Massa específica, densidade relativa e absorção de agregado graúdo para misturas asfálticas para misturas – Método de ensaio. Brasília, 2021.

11. ____. **DNIT 425/2022 - ME**. Pavimentação – Agregado – Determinação do índice de forma com paquímetro – Método de ensaio– Método de ensaio. Brasília, 2020.

12. ___. **DNIT 427/2020 - ME**. Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa máxima medida e da massa específica máxima medida em amostras não compactadas – Método de ensaio. Brasília, 2020.

13. ____. **DNIT 428/2022** - ME. Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova – Método de ensaio. Brasília, 2022.

14. DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM **DNER ME 083**. Agregados – análise granulumétrica. Rio de Janeiro, 1998.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.

15. ____. **DNER ME 085**. Material finamente pulverizado - determinação da massa específica real – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.

16. ____. **DNER-ME 089**. Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

MINUTA

Esta folha é de propriedade do DER/SP e seu conteúdo não pode ser copiado ou revelado a terceiros. A aprovação deste documento não exime o Emitente de sua responsabilidade.