

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

01. DEFINIÇÃO

Compreende a confecção dos materiais que serão utilizados como matéria-prima para as pavimentações, a partir de produtos derivados de petróleo, tais como emulsões asfálticas e alcatrões, e agregados minerais produzidos (britas) ou extraídos da natureza (seixos rolados).

Concreto Betuminoso Pré-Misturado A Frio

Mistura executada à temperatura ambiente em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e emulsão asfáltica.

Os constituintes do pré-misturado a frio são o agregado mineral e a emulsão asfáltica, que deverão satisfazer estas Especificações

1. Materiais

Emulsão Asfáltica

Poderão ser empregadas os seguintes ligantes asfálticos:

- ☞ emulsão asfáltica catiônica de ruptura média, tipos: RM-1C e RM-2C;
- ☞ emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipos: RL-1C;
- ☞ ligantes betuminosos modificados emulsionados, quando indicados no projeto.

Nota: Por razões técnico-econômicas poderão ser utilizadas emulsões asfálticas tipo LA, LA-C e LA-E.

Agregado Graúdo

Agregado graúdo poderá ser de pedra ou seixo, britados ou outro material indicado no projeto. Deverá ser constituído por fragmentos são, duráveis, livres de torrões de argila e substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- ☞ Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40 % (DNER-ME 035), admitindo-se agregados com valores maiores, caso já tenham apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior ;

- ☞ Índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- ☞ Durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 89);
- ☞ Granulometria dos agregados (DNER-ME 083), obedecendo as faixas especificadas no quadro do item Composição da Mistura, a seguir;
- ☞ Adesividade superior a 90% (DNER-ME 059 e ABNT MB-721).

Agregado Miúdo

Agregado miúdo poderá ser de areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar um equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054).

Material de Enchimento (filler)

Deverá ser constituído por materiais minerais finamente divididos, não plásticos, tais como: cimento Portland, cal extinta, pó calcário etc. Os materiais deverão atender à seguinte granulometria, quando ensaiados pelo método DNER-ME 083:

Peneiras	mm	% mínima passando
40	0,42	100
80	0,175	95
200	0,075	65

Tabela 01.

Quando da aplicação, deverão estar secos e isentos de grumos.

Concreto Betuminoso Usinado A Quente

Mistura executada em usina apropriada, com características específicas composto de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e ligante betuminoso, espalhada e comprimida à quente.

Na usina, tanto agregados como ligante são previamente aquecidos para depois serem misturados.

A mistura, aplicada sobre a superfície imprimada e/ou pintada, produzirá, após a compressão, uma camada flexível, podendo ser empregada no

<i>Infra-estrutura</i>	<i>2</i>
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	<i>2.03</i>
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

revestimento, na base, na regularização ou no reforço do pavimento.

1. Materiais

Os materiais constituintes de concreto betuminoso serão o agregado graúdo, o agregado miúdo, o material de enchimento ("filler") e o ligante betuminoso, que deverão satisfazer estas Especificações..

Ligante Betuminoso

Poderão ser empregados os seguintes ligantes betuminosos:

- ☐ Cimento asfáltico de petróleo, CAP-30/45, CAP-50/60, CAP-85/100, CAP-150/200 (classificação por penetração), CAP-7, CAP-20 e CAP-40 (classificação por viscosidade);
- ☐ Alcatrões tipos AP-12;
- ☐ Poderão ser usados, também, ligantes betuminosos modificados quando indicados no projeto.

Agregado Graúdo

Agregado graúdo poderá ser pedra, escória, seixo rolado, ou outro material indicado em projeto. O agregado graúdo deverá se constituir de fragmentos sãos, duráveis, livres de torrões de argila, e substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- ☐ Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40 % (DNER-ME 035); admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;
- ☐ Índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- ☐ Durabilidade, perda inferior a 12 % (DNER-ME 89);
- ☐ Boa adesividade;
- ☐ Índice de lamelabilidade inferior a 35 %.

No caso de emprego de escória, esta deverá ter uma massa específica aparente igual ou superior a 1.100 Kg/m³.

Agregado Miúdo

Agregado miúdo poderá ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55 %. (DNER-ME 054).

Material de Enchimento (filler)

Deverá ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós calcários, cinza volante, etc., e que atendam a seguinte granulometria (DNER-ME 083):

Peneira	% mínima passando
Nº 40	100
Nº 80	95
Nº 200	65

Tabela 02.

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

Melhorador de Adesividade

Não havendo boa adesividade entre o ligante betuminoso e os agregados (DNER-ME 078, DNER-ME 079), poderá ser empregado um "melhorador de adesividade" na quantidade fixada no projeto.

02. MÉTODO EXECUTIVO

Concreto Betuminoso Pré-Misturado A Frio

A produção do pré-misturado deverá ser efetuada em usinas sob controle rigoroso, de modo a se obter uma mistura uniforme. Sua operação engloba as seguintes atividades :

- ☐ Obtenção dos agregados;
- ☐ Estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;
- ☐ Transporte e estocagem de filler;
- ☐ Transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

<i>Infra-estrutura</i>	2
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

1. Equipamentos

Depósito para Emulsão Asfáltica

Os depósitos de emulsão asfáltica deverão ser completamente vedados, de modo a evitar o contato deste material com ar, água, poeira, etc. Os tanques deverão dispor, ainda, de dispositivos que permitam a homogeneização, aquecimento ou resfriamento da emulsão, se necessário, assim como, dotados de termômetros, com precisão de ± 1 °C para controle da temperatura. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

Depósito para Agregado

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga. Haverá se necessário, um silo adequado para o filler conjugado com o dispositivo para sua dosagem.

Usina para Pré-Misturado

A usina deverá estar equipada com um misturador tipo **Pug-Mill**, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis, ou outro tipo de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme.

Sobre a correia transportadora deverá ser adaptado o dispositivo para umedecimento da mistura de agregados. Os silos deverão dispor de comportas reguláveis e capacidade suficiente para que a alimentação da correia transportadora seja controlada e contínua.

O equipamento a ser utilizado deverá ser examinado pela Fiscalização, devendo estar de acordo com esta Especificação, para que possa ser dada a ordem de serviço.

Concreto Betuminoso Usinado A Quente

A produção do concreto betuminoso é efetuada em usinas asfálticas a quente apropriadas. Sua operação engloba as seguintes atividades :

✚ Obtenção dos agregados;

✚ Estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;

✚ Transporte e estocagem de filler;

✚ Aquecimento dos agregados;

✚ Aquecimento do ligante;

✚ Transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;

✚ Execução da mistura;

✚ Transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

1. Equipamento

Depósito para Material Betuminoso

Os depósitos para o ligante betuminoso deverão possuir dispositivos capazes de aquecer o material, às temperaturas fixadas nesta Especificação. Estes dispositivos também deverão evitar qualquer superaquecimento localizado. O aquecimento será feito por meio de serpentinas a vapor, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato de chamas com o interior do depósito. Deverá ser instalado um sistema de recirculação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a movimentação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. Todas as tubulações e acessórios deverão ser dotados de isolamento, para se evitar perdas de calor. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

Depósitos para Agregados

Os silos deverão ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e serão divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deverá possuir dispositivos adequados de descarga.

Haverá um silo adequado para o "filler", conjugado com dispositivos para a sua dosagem.

Usinas para Misturas Betuminosas a Quente

<i>Infra-estrutura</i>	2
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

As usinas poderão ser do tipo volumétrica ou gravimétrica, devendo estar constituídas dos componentes a seguir relacionados:

- ✚ Silos frios com correia transportadora (com tamanho suficiente e completamente separados, para se evitar a mistura de agregados durante a operação de abastecimento dos mesmos).
- ✚ Elevador de agregado frio.
- ✚ Cilindro secador.
- ✚ Unidade classificadora, após o secador.
- ✚ Elevador de agregado quente.
- ✚ Ciclone.
- ✚ Peneiras separadoras.
- ✚ Silos quentes.
- ✚ Silo balança;
- ✚ Misturador, capaz de produzir uma mistura uniforme.
- ✚ Transportador de Filler.
- ✚ Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90° a 210 °C (precisão ± 1 °C), deverá ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo a descarga do misturador. A usina deverá ser equipada além disto, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de ± 5 °C.

Poderá, também, ser utilizada uma usina do tipo tambor/secador/misturador, provida de coletor de pó, alimentador de filler sistema de descarga da mistura betuminosa com comporta, ou alternativamente, em silos de estocagem. A usina deverá possuir silos de agregados múltiplos, com pesagem dinâmica (precisão de $\pm 5\%$) e assegurar a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados.

Equipamento a ser utilizado deverá ser examinado pela Fiscalização, devendo estar de acordo com esta Especificação, para que possa ser dada a ordem de serviço.

03. CRITÉRIOS DE CONTROLE

Concreto Betuminoso Pré-Misturado A Frio

1. Controle de Qualidade do Material

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo a metodologia adequada, e satisfazer as especificações em vigor.

Ligante Betuminoso

Recebimento

Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deverá apresentar certificado de análise além de trazer indicação clara da sua procedência, tipo e quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

Ensaio de Laboratório

Controle de qualidade do ligante betuminoso constará do seguinte:

- ✚ Para todo carregamento que chegar à obra:
 - ✚ 01 ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (DNER-ME 004)
 - ✚ 01 ensaio de resíduo por evaporação (ABNT NBR-6568));
 - ✚ 01 ensaio de peneiramento (DNER-ME 005);
 - ✚ 01 ensaio de carga de partícula (DNER-ME 002).
- ✚ Periodicamente, para cada 100t:
 - ✚ 01 ensaio de sedimentação (DNER-ME 006);
 - ✚ 01 ensaio de desemulsibilidade (DNER-ME 063);
 - ✚ 01 ensaio de destilação (ABNT NBR-6568).

Agregados

<i>Infra-estrutura</i>	2
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

Controle de qualidade dos agregados constará do seguinte:

- 02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083);
- 01 ensaio de desgaste Los Angeles, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (DNER-ME 035);
- 01 ensaio de durabilidade, se for exigido, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (DNER-ME 086);
- 01 ensaio de índice de fôrma, para cada 900 m³ (DNER-ME 086);
- 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 054);
- 01 ensaio de resistência a água (adesividade) (DNER-ME 059).

Controle da Usinagem do Pré-Misturado a Frio

Composição da Mistura

A composição do pré-misturado a frio deverá satisfazer os requisitos com as respectivas tolerâncias no que diz respeito a granulometria e aos percentuais de ligante betuminoso do quadro seguinte:

Peneiras		% Mínima Passando				
Pol.	mm	A	B	C	D	Tolerância da Faixa de Projeto
1"	25,4	100	-	100	-	± 7%
3/4"	19,1	75-100	100	95-100	100	± 7%
1/2"	12,7	-	75-100	-	95-100	± 7%
3/8"	9,5	30-60	35-70	40-70	45-80	± 7%
Nº 4	4,8	10-35	15-40	20-40	25-45	± 5%
Nº 10	2,0	5-20	10-24	10-25	14-30	± 5%
Nº 200	0,075	0-5	0-5	0-8	0-8	± 2%
Betume Solúvel no CS ₂ %		4-6	4-6	4-6	4-6	± 2%

Tabela 03.

<i>Infra-estrutura</i>	2
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

A faixa a ser usada deverá ser aquela cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada.

Em se tratando de estradas pavimentadas, na escolha da curva granulométrica com as respectivas tolerâncias para a camada de rolamento, deverá ser considerada a segurança ao usuário especificada no item “Condições de Segurança” desta Especificação.

As porcentagens de betume se referem à mistura de agregados, considerada como 100 %. Para todos os tipos, a fração retida entre peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4 % do total.

Temperatura da mistura

A temperaturas do ligante betuminoso deverá estar entre 107 °C e 177 °C.

Os agregados deverão ser aquecidos a temperaturas de 10 °C a 15 °C, acima da temperatura do ligante betuminoso.

Determinação da Quantidade de Ligante na Mistura

Deverão ser efetuadas extrações de betume, de amostras coletadas na saída do misturador (DNER-ME 053). A porcentagem de ligante residual poderá variar, no máximo, $\pm 0,3$ %, da fixada no projeto.

Determinação da Graduação da Mistura de Agregados

Será procedido o ensaio de granulometria (DNER-ME 083) da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva granulométrica deverá manter-se contínua, obedecendo as tolerâncias especificadas no projeto.

Determinação das Características da Mistura

Deverão ser realizados ensaios **Marshall** com três corpos-de-prova de cada mistura, por cada jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 043).

Os valores de estabilidade e da fluência deverão satisfazer ao especificado.

As amostras deverão ser retiradas na saída do misturador.

Determinação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura

Deverá ser utilizado o Método **Marshall** modificado (DNER-ME 107) para as misturas a frio, para

verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência, segundo os valores seguintes:

Porcentagem de vazios	5 a 30 %
Estabilidade, mínima	250 kgf (75 golpes) 150 kgf (50 golpes)
Fluência, mm.	2,0-4,5

Tabela 04.

A energia de compactação do ensaio será fixada no projeto.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

Controle Estatístico da Usinagem

Número das determinações ou ensaios de controle da usinagem do pré-misturado a frio por jornada de

8 horas de trabalho será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pela Contratada, conforme a tabela seguinte:

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = nº de amostras					k = Coeficiente multiplicador					= risco da Contratada				

Tabela 05

O número mínimo de determinações por jornada de 8 horas de trabalho será de 5 (cinco).

Quanto ao controle da usinagem do pré-misturado a frio, deverão ser analisados estatisticamente os resultados abaixo e verificadas as seguintes condições (DNER-PRO 277/97):

- ✚ Para a quantidade de ligante na mistura, graduação da mistura de agregado e da fluência no ensaio Marshall em que for especificada uma faixa de valores mínimos e máximos, deverá ser verificada a condição seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

- ✚ Para os resultados do ensaio de estabilidade **Marshall** em que é especificado um valor mínimo a ser atingido, deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$ e $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

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

Onde:

$\bar{X} i$ - valores individuais.

$\bar{X}$ - média da amostra.

Concreto Betuminosos Usinado A Quente

Calibragem da Usina

Antes de se iniciar a produção da mistura betuminosa, a usina deverá ser testada para se verificar se todos os equipamentos estão em pleno funcionamento.

Após a revisão e estando a usina apta, é feita a calibragem da mesma, em função da dosagem especificada.

Terminada a calibragem, efetuam-se os testes abaixo relacionados, com o objetivo de verificar se os resultados encontrados estão dentro dos limites especificados:

- ✚ Granulometria da mistura de agregados dos silos quentes;
- ✚ Teor de ligante da mistura; e
- ✚ Granulometria da mistura de agregação após a extração do ligante.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

Controle de Qualidade do Material

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNER, e satisfazer as especificações em vigor.

Ligante Betuminoso

Todo o carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deverá apresentar certificado de análise além de trazer indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de serviço.

Controle de qualidade do ligante betuminoso constará do seguinte:

Para cimento asfálticos:

01 ensaio de viscosidade absoluta a 60 °C (ABNT MB-827) quando o asfalto for classificado por viscosidade ou 01 ensaio de penetração a 25° (DNER-ME 003) quando o asfalto for especificado por penetração para todo carregamento que chegar a obra;

01 ensaio de ponto de fulgor, para todo carregamento que chegar a obra (DNER-ME 148);

01 índice de susceptibilidade térmica para cada 100t determinado pelos ensaios DNER-ME 003 e ABNT NBR 6560;

01 ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra;

01 ensaio de viscosidade “**Saybolt-Furol**” (DNER-ME 004) para todo carregamento que chegar à obra

01 ensaio de viscosidade “**Saybolt-Furol**” (DNER-ME 004) a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura, para cada 100t.

Para alcatrão:

01 ensaio de flutuação, para todo carregamento que chegar à obra (ASTM D 139);

01 ensaio de destilação, para cada 500t (ASTM-D 139);

01 ensaio de viscosidade “**Engler**” (ASTM-D 1665) para o estabelecimento da curva temperatura viscosidade, para cada 100t.

Agregados

Controle de qualidade dos agregados será feito através das seguintes verificações:

02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083);

01 ensaio de desgaste Los Angeles, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (DNER-ME 035);

01 ensaio de Índice de Forma, para cada 900 m³ (DNER-ME 086);

01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 054);

01 ensaio de granulometria do material de enchimento (filer), por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083).

Controle da Usinagem do Concreto Betuminoso Usinado a Quente

O controle da usinagem será exercido através de coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, na usina e na pista.

Composição da Mistura

A composição de concreto betuminoso deverá satisfazer os requisitos do quadro seguinte com as respectivas tolerâncias no que diz respeito a granulometria e aos percentuais do ligante betuminoso.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

Peneira de Malha Quadrada		% PASSANDO, EM PESO DAS FAIXAS			
Discriminação	Abertura mm	A	B	C	TOLERÂNCIAS FIXAS DE PROJETO
2"	50,8	100	-	-	-
1 ½"	38,1	95-100	100	-	±7%
1"	25,4	75-100	95-100	-	±7%
¾"	19,1	60-90	80-100	100	±7%
½"	12,7	-	-	85-100	±7%
3/8"	9,5	35-65	45-80	75-100	±7%
Nº 4	4,8	25-50	28-60	50-85	±5%
Nº 10	2,0	20-40	20-45	30-75	±5%
Nº 40	0,42	10-30	10-32	15-40	±5%
Nº 80	0,18	5-20	8-20	8-30	±2%
Nº 200	0,074	1-8	3-8	5-10	±2%
Betume Solúvel no CS ₂ (+) %		4, 0-7, 0 Camada de Ligação (Binder)	4, 5-7, 5 Camada de Ligação e Rolamento	4, 5-9, 0 Camadas de Rolamento	± 0,3%

Tabela 06.

A faixa usada deverá ser aquela, cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento.

Em se tratando de estradas pavimentadas, na escolha da curva granulométrica para camada de rolamento, deverá ser considerada a segurança do usuário, especificada no item "Condições de Segurança" desta Especificação.

As porcentagens de betume se referem a mistura de agregados, considerada como 100 %. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4 % do total.

A porcentagem de asfalto ótima será a média aritmética das seguintes porcentagens :

☞ % de asfalto correspondente à máxima densidade.

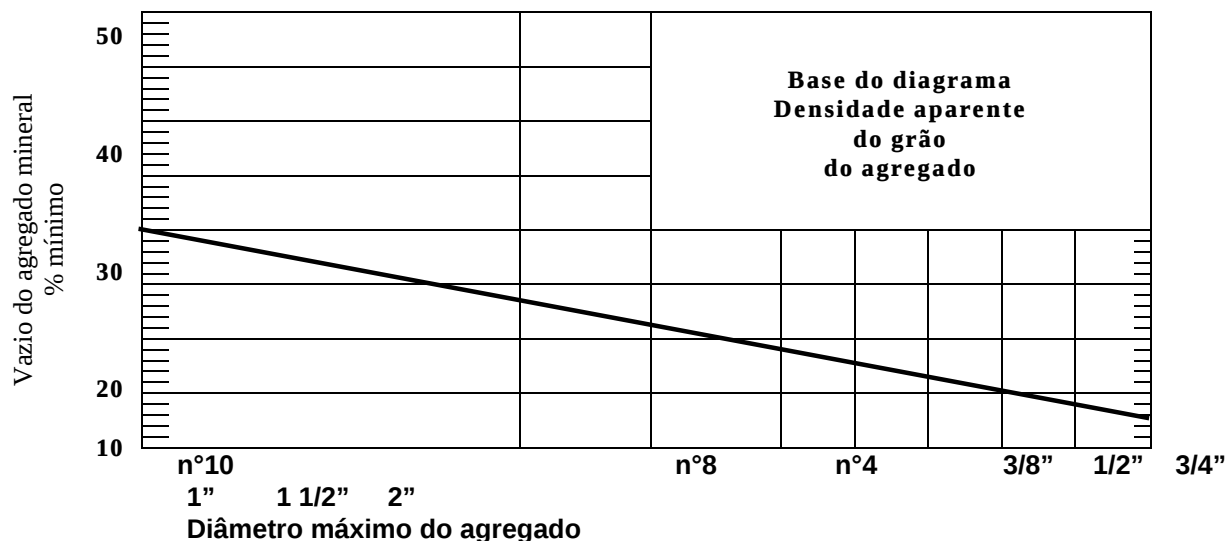
☞ % de asfalto correspondente à máxima estabilidade.

☞ % de asfalto correspondente à porcentagem média de vazios prevista para o tipo de mistura. Para a camada de rolamento será a porcentagem de asfalto correspondente a 4 % de vazios; para as camadas de binder e nivelamento, será a porcentagem de asfalto correspondente a 5,5 % de vazios.

Relação betume/vazios

As misturas deverão atender as especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral, dados pela linha inclinada do seguinte ábaco:

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04



Determinação da Quantidade de Ligante na Mistura

Deverão ser efetuadas duas extrações de betume, de amostras coletadas na saída do misturador (DNER-ME053), para cada dia de 8 horas de trabalho. A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo, $\pm 0,3\%$ da fixada no projeto.

Determinação da Graduação da Mistura de Agregados

Será procedido o ensaio de granulometria (DNER-ME 083) da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva

granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no projeto.

Deteminação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura

Dois ensaios **Marshall** da mistura, (DNER-ME 043) deverão ser realizados, por cada jornada de 8 horas de trabalho, para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa. Os valores encontrados deverão satisfazer o seguinte:

Discriminação	Camada de Rolamento	Camada de Ligação (BINDER)
Porcentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	75/82	65-72
Estabilidade, mínima	350 kgf (75 golpes) 250 kgf (50 golpes)	350 kgf (75 golpes) 250 kgf (50 golpes)
Fluência, mm.	2,0 - 4,5	2,0 - 4,5

Tabela 07.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

As amostras deverão ser retiradas na saída do misturador.

As Especificações Complementares fixarão a energia de compactação.

Controle de Temperatura

Serão efetuadas, no mínimo, quatro medidas de temperatura por jornada de 8 horas de trabalho, em cada um dos itens abaixo discriminados:

☞ Do agregado, no silo quente da usina;

☞ Do ligante, na usina;

☞ Da mistura betuminosa, na saída do misturador da usina;

☞ Da mistura, no momento do espalhamento e no início da rolagem, na pista.

Em cada caminhão, antes da descarga, será feita pelo menos uma leitura da temperatura.

As temperaturas devem apresentar valores de ± 5 °C das temperaturas especificadas.

Controle Estatístico da Usinagem

Número das determinações ou ensaios de controle da usinagem do concreto betuminoso por jornada de trabalho será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pela Contratada, conforme a seguinte tabela:

TABELA DE AMOSTRAGEM VARIÁVEL														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = nº de amostras					k = coeficiente multiplicador					= risco da Contratada				

Tabela 08.

O número mínimo de determinações por jornada de 8 horas de trabalho será de 5 (cinco).

Para o controle da usinagem do concreto betuminoso, deve-se analisar estatisticamente os resultados abaixo e verificar a condição seguinte (DNER-PRO 277/97):

☞ Para os ensaios executados na usina para se verificar a quantidade de ligante na mistura, a graduação da mistura de agregado, a temperatura na saída do misturador e a fluência no ensaio Marshall em que é especificada uma faixa de valores mínimos e máximos deve ser verificada a seguinte condição:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$ e $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum Xi}{n}$$

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

Onde:

$\bar{X}$ i - valores individuais.

$\bar{X}$ - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

☞ Para os resultados do ensaio de estabilidade Marshall em que é especificado um valor mínimo a ser atingido deve-se verificar a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

Se $\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo admitido $\Rightarrow$ aceita-se o serviço.

Condições de Segurança para Estradas Pavimentadas

O revestimento acabado deverá apresentar VRD, Valor de Resistência a Derrapagem, superior a 55, medido com o auxílio do Pêndulo Britânico SRT (Método HD 15/87 e HD 36/87 da British Standard), ou outros similares.

O projeto da mistura deverá ser verificado experimentalmente através de trecho experimental com extensão da ordem de 100 m.

Poderá, também, ser empregado outro processo para avaliação de resistência à derrapagem, quando indicado no projeto. Os ensaios de controle da execução serão realizados para cada 200 m de pista, em locais escolhidos de maneira aleatória.

Manejo Ambiental

Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque de ligante betuminoso, além da instalação e operação das usinas.

Agregados

No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras deverão ser considerados os seguintes cuidados principais:

- ✚ A brita e a areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal cuja cópia da licença deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.
- ✚ Deverá ser evitada a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.
- ✚ A exploração da pedreira deverá ser planejada adequadamente, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

✚ Deverão ser impedidas queimadas como forma de desmatamento.

✚ Deverão ser construídas, 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.

✚ Será exigida a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como, sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

Ligantes Betuminosos

Os depósitos deverão ser instalados em locais afastados de cursos d'água.

Será vedado o refugo de materiais usados em locais onde possam causar prejuízos ambientais.

A área afetada pelas operações de construção/execução deverá ser recuperada, mediante a remoção da usina e dos depósitos e à limpeza de canteiro de obras.

Instalação da Usina

Deverá ser impedida a instalação de usinas a uma distância inferior a 200 m (duzentos metros), medidos a partir da base da chaminé, de residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.

Serão definidas, no projeto executivo, áreas para as instalações industriais, de maneira a alcançar o mínimo de agressão ao meio ambiente.

Ficará a Contratada responsável por obter licença de instalação/operação, assim como, manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas especificações.

Deverão ser apresentados, junto com o projeto para obtenção de licença de instalação da usina, resultados de medições em chaminés, que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental. As chaminés deverão ser dotadas de instalações adequadas para realização de medições.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

Operação da Usina

Deverão ser tomadas providências no sentido de minimizar e até evitar os efeitos negativos dos seguintes agentes e fontes poluidoras :

Agente Poluidor	FONTE POLUIDORAS	
	Usinas de Pré-misturado a Frio	Usinas de Concreto Betuminoso Usinado a Quente
I. Emissão de Partículas	As fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.	A principal fonte é o secador rotativo. Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II. Emissão de gases	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos no tanque de emulsão.	Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de Cimento Asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III. Emissões Fugitiva	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.	
Obs.: Emissões Fugitivas	São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.	

Tabela 09.

Deverão ser instalados sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos na legislações vigentes.

Os silos de estocagem de agregados deverão ser dotados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.

A correia transportadora de agregados deverá ser completamente envolta por um sistema de proteção.

O misturador, os silos de agregados frios e quentes (quando for o caso) e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão deverão ser conectados ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera. Os silos de estocagem de massa asfáltica deverão ser fechados.

As vias de acesso internas deverão ser pavimentadas e mantidas limpas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade.

Os silos de estocagem de filler serão dotados de sistema próprio de filtragem a seco.

Deverão ser adotados procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas mangas.

Nas usinas de CBUQ deverão, ainda, ser adotados procedimentos no sentido de que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera e que seja mantida pressão negativa no secador rotativo, enquanto a usina estiver em operação, para que sejam evitadas emissões de partículas na entrada e saída do mesmo.

Os sistemas de controle de poluição do ar deverão ser acionados antes dos equipamentos de processo.

Todos os equipamentos de processo e de controle deverão ser mantidos em boas condições de operação

O óleo combustível será substituído por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade), sempre que possível.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

Deverão ser estabelecidas barreiras vegetais no local da usina, sempre que possível.

04. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A usinagem do Concreto Betuminoso Pré-misturado a Frio ou Usinado a Quente será medida, por tonelada de mistura **efetivamente aplicada na pista**. Estão consideradas nestes preços todas as operações e mão-de-obra necessárias à operação da usina e fabricação dos concretos, incluindo a produção e/ou aquisição do(s) agregado(s), seu transporte até o canteiro, seu armazenamento e perdas. Está também considerado o armazenamento do ligante betuminoso.

Não será medido material fabricado mas não aplicado.

O **ligante betuminoso** utilizado, será pago separadamente, em item de planilha específico, sendo sua quantidade obtida através da média aritmética dos valores medidos na usina, em toneladas.

Estão incluídos no preço do ligante sua aquisição e transporte (frete, seguros etc) entre a refinaria ou fábrica e a usina.

Deverão estar computadas no preço unitário do material betuminoso as eventuais perdas.

Somente será objeto de medição a quantidade de ligante efetivamente utilizada.

O transporte da massa asfáltica da usina à pista será objeto de medição em separado, conforme composição específica.

O pagamento será feito pelo preço unitário contratual incluindo toda a mão-de-obra, equipamentos e encargos necessários à operação das usinas e fabricação dos materiais.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

05. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Concreto Betuminoso Pré-Misturado a Frio

FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
DNER	ES317/97	Pré misturado a frio
DNER	ME 002/94	Emulsão asfáltica - carga da partícula
DNER	ME 004/94	Materiais betuminosos - determinação da viscosidade " Saybolt - Furol " a alta temperatura
DNER	ME 005/94	Emulsão asfáltica - determinação da peneiração
DNER	ME 006/94	Emulsão asfáltica - determinação da sedimentação
DNER	ME 053/94	Misturas betuminosas - porcentagem de betume
DNER	ME 035/94	Agregado - determinação da abrasão " Los Angeles "
DNER	ME 043/64	Ensaio Marshall para misturas betuiminosas
DNER	ME 054/94	Equivalente de areia
DNER	ME 059/94	Emulsão asfáltica - determinação da resistência a água (adesividade)
DNER	ME 063/94	Emulsões asfálticas catiônicas - determinação da desemulsibilidade
DNER	ME 083/94	Agregados - análise granulométrica
DNER	ME 086/94	Agregados - determinação de índice de forma
DNER	ME 089/94	Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio
DNER	ME 107/94	Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica - ensaio Marshall
DNER	EM 369/97	Emulsões asfálticas catiônicas
DNER	ES 279/97	Caminhos de serviço
DNER	PRO 164/94	Calibração controle de sistemas de irregularidade de superfície do pavimento (Sistema Integradores IPR/USP - Maysmeter)
DNER	PRO 182	Medição da irregularidade de superfície do pavimento com (Sistema Integradores - IPR/USP - Maysmeter)
DNER	PRO 277/97	Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
ABNT	NBR 6568	Emulsões asfálticas - resíduos por evaporação e destilação
ABNT	MB 721	Emulsão asfáltica - determinação da resistência a água (adesividade)
British Standard	MET. HD 15/87 e HD 36/87	Determinação da VDR - resistência a derrapagem pelo pêndulo britânico
British Standard	MET. LCPC – RG 2 1771	Determinação da rugosidade superficial pela altura da areia
IBP		Manual de Pré Misturados a Frio, 1992

Concreto Betuminoso Usinado a Quente

Fonte	Código	Descrição
DNER	S313/97	Concreto Betuminoso
DNER	EM 141/84	Cimentos asfálticos de petróleo
DNER	ME 204/95	Cimentos asfálticos de petróleo
DNER	EM 364/97	Alcatrões para pavimentação
DNER	ME 003/94	Materiais betuminosos determinação da penetração
DNER	ME 004/94	Materiais betuminosos determinação da viscosidade " SayboltFurol " a alta temperatura
DNER	ME 035/94	Agregados determinação da abrasão " Los Angeles "
DNER	ME 053/94	Misturas betuminosas percentagem de betume
DNER	ME 043/64	Ensaio Marshall para misturas betuminosas

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Concreto Betuminoso - Usinagem	2.03.04

DNER	ME 054/94	Equivalente de areia
DNER	ME 078/94	Agregado graúdo adesividade a ligante betuminoso
DNER	ME 079/94	Agregado adesividade a ligante betuminoso
DNER	ME 083/94	Agregados análise granulométrica
DNER	ME 086/94	Agregado determinação do índice de forma
DNER	ME 089/94	Agregados avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou magnésio
DNER	ME 148/94	Material betuminoso determinação dos pontos de fulgor e combustão
DNER	ME 151/94	Asfaltos determinação da viscosidade cinemática
DNER	PRO 164/94	Calibração Controle de Sistemas de Irregularidade de Superfície do Pavimento (Sistema Integradores - IPR/USP - Maysmeter)
DNER	PRO 182/94	Medição da irregularidade de superfície do pavimento com (Sistema Integradores - IPR/USP - Maysmeter)
DNER	PRO 277/97	Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
ABNT	MB827/73	Determinação da viscosidade absoluta
ABNT	NBR 6560	Materiais betuminosos determinação de ponto de amolecimento
ASTM	D 139/77	Alcatrão para pavimentação ensaio de flutuação
ASTM	D 20/77	Alcatrão para pavimentação ensaio de destilação
ASTM	D 1665/73	Alcatrão para pavimentação viscosidade específica " Engler "
British Standard	MET. HD 15/87 e HD 36/87	Determinação da VDR resistência á derrapagem pelo pêndulo britânico
British Standard	MET. LCPC RG 2 1971	Determinação da rugosidade superficial pela altura da areia
DNER		Manual de Pavimentação, 1996