



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	1 de 31

TÍTULO

PRÉ-MISTURADO A FRIO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Pré-misturado. Frio. Pavimentação.

APROVAÇÃO

PROCESSO

PR 009606/18/DE/2006

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 23/05**. Pavimentação: Pré-Misturado a Frio. Curitiba, 2005.

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/030**. Pré-Misturado a Frio Aberto. São Paulo, 1997.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ES 317**. Pavimentação – Pré Misturado a Frio, Rio de Janeiro 1997.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP**. Manual de Normas – Pavimentação. **Seção 3.10**. Camada de base ou regularização de pré-misturado a frio com emprego de emulsões asfálticas catiônicas. São Paulo, 1991.

OBSERVAÇÕES

Esta especificação técnica substitui a seção 3.10, camada de base ou regularização de pré-misturado a frio com emprego de emulsões asfálticas catiônicas, do manual de normas - pavimentação de 1991, a partir da data de aprovação deste documento.

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO



ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	4
2	DEFINIÇÃO	4
3	MATERIAIS	4
3.1	Ligante Asfáltico	4
3.2	Agregados.....	4
3.3	Composição da Mistura.....	5
4	EQUIPAMENTOS	6
4.1	Depósito para Emulsão Asfáltica	6
4.2	Depósito para Agregados	6
4.3	Silos para Agregados.....	6
4.4	Depósito para Água.....	7
4.5	Usina para Pré-Misturado a Frio	7
4.6	Caminhão para Transporte da Mistura	7
4.7	Equipamento para Distribuição	7
4.8	Equipamento para Compactação e Acabamento	8
5	EXECUÇÃO	8
5.1	Condições Gerais.....	8
5.2	Preparo da Superfície	8
5.3	Produção do Pré-Misturado a Frio	8
5.4	Transporte do Pré-Misturado a Frio	9
5.5	Distribuição da Mistura.....	9
5.6	Compactação da Mistura.....	9
5.7	Abertura ao Tráfego	10
6	CONTROLE.....	10
6.1	Controle dos Materiais	10
6.2	Controle da Produção do Pré-Misturado a Frio	11
6.3	Controle da Aplicação e Destinação do Pré-Misturado a Frio.....	12
6.4	Controle Geométrico e de Acabamento	12
6.5	Deflexões.....	13
7	ACEITAÇÃO.....	13
7.1	Materiais.....	13
7.2	Produção.....	14
7.3	Execução	14



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	3 de 31

8	CONTROLE AMBIENTAL	15
8.1	Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados.....	15
8.2	Emulsões Asfálticas	16
8.3	Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras.....	16
8.4	Execução	18
9	CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO.....	18
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
	ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE	21
	ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO.....	28
	ANEXO C – EMULSÕES ASFÁLTICAS CATIONICAS.....	30



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	4 de 31

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição dos serviços de pré-misturado a frio, PMF, em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Pré-misturado a frio, PMF, é a mistura executada à temperatura ambiente em usina apropriada, composta de agregado mineral e ligante asfáltico, espalhada e compactada a frio. O pré-misturado a frio pode ser empregado como camada de nivelamento, regularização, intermediária, *binder*, ou base. Conforme a faixa granulométrica adotada, podem ser densos, semi-densos ou abertos.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes do pré-misturado a frio são: agregado graúdo, agregado miúdo e ligante asfáltico. Devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pelo DER/SP.

3.1 Ligante Asfáltico

Deve ser empregada emulsão asfáltica catiônica de ruptura média tipos RM-1C e RM-2C ou emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipo RL-1C. As emulsões devem atender ao especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

Podem ser utilizados ligante asfálticos emulsionados quando indicados no projeto. Podem, também ser empregados, por motivos técnico-econômicos, emulsões asfálticas tipo: LA, LA-C e LA-E

Todo o carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante ou distribuidor, o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço, se o período entre os dois eventos ultrapassar 10 dias. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e o canteiro de obra.

3.2 Agregados

3.2.1 Agregado Graúdo

Deve constituir-se por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve atender aos seguintes requisitos:

- desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR NM51⁽¹⁾, inferior a 50%;
- índice de forma superior a 0,5 e partículas lamelares inferior a 10%, conforme NBR 6954⁽²⁾;
- a perda no ensaio de durabilidade, conforme DNER-ME 089⁽³⁾, em cinco ciclos, com



solução de sulfato de sódio, deve ser inferior a 12%;

- d) a cobertura dos agregados no ensaio de adesividade, conforme NBR 6300⁽⁴⁾, deve ser superior a 90%.

3.2.2 Agregado Miúdo

Pode constituir-se por areia, pó de pedra ou mistura de ambos. Deve apresentar partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. O equivalente de areia, obtido conforme NBR 12052⁽⁵⁾, deve ser igual ou superior a 55%.

3.3 Composição da Mistura

A faixa granulométrica a ser empregada deve ser selecionada em função da utilização prevista para o pré-misturado a frio. A composição da mistura deve satisfazer aos requisitos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição das Misturas de Pré-Misturado a Frio

Peneira de Malha Quadrada		Designação							Tolerâncias
ASTM	mm	% em Massa, Passando							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
1½"	37,5	100	-	-	100	-	-		
1"	25,0	75 - 100	100	-	95 - 100	100	-		± 7%
¾"	19,0	50 - 80	75 - 100	100	70 - 90	95 - 100	100	100	± 7%
½"	12,5	-	-	75 - 100	-	-	95 - 100	85 - 100	± 7%
3/8"	9,5	25 - 50	30 - 60	35 - 70	35 - 60	35 - 70	45 - 80	70 - 90	± 7%
Nº 4	4,75	5 - 20	10 - 35	20 - 40	18 - 35	25 - 40	25 - 45	30 - 60	± 5%
Nº 10	2,0	0 - 10	5 - 20	10 - 20	10 - 20	10 - 20	15 - 20	20 - 45	± 5%
Nº 200	0,075	0 - 2	0 - 2	0 - 2	0 - 5	0 - 5	0 - 5	2 - 6	± 2%
Tipo de PMF		PMF Aberto			PMF Semi-denso			PMF Denso	

O projeto da dosagem da mistura deve atender aos seguintes requisitos:

- o tamanho máximo do agregado da faixa adotada deve ser inferior a 2/3 da espessura da camada compactada;
- a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer a tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;
- a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4% do total;
- deve ser utilizado o método Marshall modificado para misturas a frio, conforme DNER-ME 107⁽⁶⁾, para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência,



que deve atender aos requisitos da Tabela 2, sendo a energia de compactação do ensaio fixada no projeto;

Tabela 2 – Requisitos para o Projeto da Mistura de Pré-Misturado a Frio

Características	Parâmetros		
	PMF Aberto	PMF Semi-denso	PMF Denso
Estabilidade mínima, kN	2,5 (75 golpes)	3,5 (75 golpes)	3,5 (75 golpes)
	1,5 (50 golpes)	2,0 (50 golpes)	2,0 (50 golpes)
Fluência (mm)	2,0 - 4,5		
Fluência (0,01")	8 - 18		
% de Vazios Totais	> 20	10 a 20	< 10
Teor de emulsão asfáltica solúvel no CS ₂	3,5 - 5,5	5,0 - 7,0	7,0 - 10,0
Teor de água para umedecimento	0 - 1,0	0,5 - 1,5	1,0 - 2,5

- e) o teor ótimo de ligante do projeto de mistura do pré-misturado a frio, expresso em massa total da mistura, deve corresponder àquele que atende simultaneamente a todos os requisitos da Tabela 2.

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços, todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

O equipamento básico para a execução do pré-misturado a frio compreende as seguintes unidades:

4.1 Depósito para Emulsão Asfáltica

Os depósitos para a emulsão asfáltica devem ser completamente vedados de modo a evitar o contato deste material com água, poeira etc. Os tanques devem estar equipados com dispositivos que permitam a circulação do ligante de modo a manter a homogeneização da emulsão.

A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

4.2 Depósito para Agregados

Os agregados devem ser estocados convenientemente, isto é, em locais drenados, cobertos, dispostos de maneira que não haja mistura de agregados, preservando a sua homogeneidade e granulometria e não permitindo contaminações de agentes externos.

A transferência para silos de armazenamento deve ser feita o mais breve possível.

4.3 Silos para Agregados

Os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	7 de 31

frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga.

4.4 Depósito para Água

A água deve ser isenta de teores nocivos de sais, ácidos, álcalis, de matérias orgânicas e outras substâncias prejudiciais.

O depósito deve ter capacidade compatível com o teor de água de umedecimento da mistura de agregados e produção prevista de massa.

Deve ser instalada, na saída do depósito de água, uma válvula ou registro adequado que permita o controle do teor de água a ser acrescentado à mistura de agregados.

O depósito é posicionado de forma que o umedecimento da mistura dos agregados se processe sobre a correia transportadora.

4.5 Usina para Pré-Misturado a Frio

A usina deve estar equipada com um misturador do tipo *pug-mill*, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, ou outro tipo capaz de produzir uma mistura uniforme.

Deve possuir um sistema de válvula ou registro adequado que permita o perfeito controle de vazão da emulsão.

Deve o misturador possuir, ainda, dispositivo de descarga, de fundo ajustável, para controlar o ciclo completo da mistura.

4.6 Caminhão para Transporte da Mistura

Os caminhões tipo basculante para o transporte do pré-misturado a frio devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico ou solução de cal hidratada (3:1), de modo a evitar a aderência da mistura às chapas. Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis à dissolução do ligante asfáltico, como óleo diesel, gasolina etc. A tampa traseira da caçamba deve ser perfeitamente vedada, de forma a evitar o derramamento de emulsão sobre a pista.

4.7 Equipamento para Distribuição

O equipamento de espalhamento e acabamento deve constituir-se de vibro-acabadoras, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento definidos no projeto.

As vibro-acabadoras devem ser equipadas com mecanismos que garantam o nivelamento adequado para colocar a mistura exatamente nas faixas, e devem possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para frente e para trás.

Para camadas de nivelamento ou regularização, o equipamento de espalhamento recomendado é a motoniveladora. O espalhamento manual deve ficar restrito ao serviço de tapa-



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	8 de 31

buracos ou de pequenos segmentos descontínuos.

4.8 Equipamento para Compactação e Acabamento

O equipamento para a compactação deve constituir-se por rolos pneumáticos com regulação de pressão e rolo metálico liso tipo tandem

Os rolos pneumáticos, autopulsionados, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 0,25 MPa a 0,84 MPa. É obrigatória a utilização de pneus com pressões uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura compactada.

O rolo compressor de rodas metálicas lisas tipo tandem deve ter peso compatível com a espessura da camada.

5 EXECUÇÃO

5.1 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva. O pré-misturado a frio somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 °C.

O pré-misturado a frio só pode ser executado quando a camada subjacente estiver liberada, conforme a especificação pertinente.

5.2 Preparo da Superfície

A superfície deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais. Os defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

A imprimação ou pintura de ligação deve ser executada, obrigatoriamente, com a barra espargidora do caminhão. Somente para correções localizadas ou locais de difícil acesso pode ser utilizada a caneta ou regador. Deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência quando da execução do pré-misturado a frio.

Quando a imprimação ou a pintura de ligação não tiver condições satisfatórias de aderência, deve ser aplicada uma nova pintura de ligação, antes da distribuição da mistura.

5.3 Produção do Pré-Misturado a Frio

O pré-misturado a frio deve ser produzido em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado. A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura quanto à granulometria e requisitos da Tabela 2.

Os agregados utilizados devem estar isentos de pó ou contaminação com substâncias nocivas, e estar levemente umedecidos, para facilitar a mistura com a emulsão.



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	9 de 31

5.4 Transporte do Pré-Misturado a Frio

A mistura produzida deve ser transportada da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes atendendo ao especificado em 4.6.

As caçambas dos veículos devem ser cobertas com lonas impermeáveis durante o transporte de forma a proteger a massa asfáltica da ação de chuvas ocasionais e da eventual contaminação por poeira.

5.5 Distribuição da Mistura

A distribuição da mistura deverá ser feita por equipamentos que atendam ao especificado no item 4.7.

É recomendado o espalhamento em painéis contíguos, isto é, pista inteira ou com pequena defasagem entre cada uma das faixas espalhadas, para obter-se juntas longitudinais perfeitas e bem acabadas.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas devem ser corrigidas através da adição manual da mistura, este espalhamento deve ser efetuado por meio de rodos metálicos antes da compactação.

5.6 Compactação da Mistura

Tendo em vista a obtenção de maior eficiência na operação de compactação, recomenda-se a execução prévia de panos experimentais, com a finalidade de definir os tipos de equipamentos e técnica de compactação mais adequadas, bem como o número de coberturas necessárias à obtenção das condições de compactação desejadas.

A compactação somente pode ser iniciada após o completo rompimento da emulsão, que pode ser observado pela mudança da coloração, de marrom para preta, e que a mistura tenha perdido entre 30 a 50% da água da emulsão, mais a água de umedecimento acrescentada na mistura. Esta é a faixa de perda de água inicial, em que se obtém a maior compactação da mistura asfáltica.

Para evitar a aderência de agregados nas rodas dos rolos, é recomendável a limpeza das superfícies destas com óleo vegetal ou gotejamento de água. Nos casos em que a mistura seja rica em asfalto, deve-se executar um salgamento na pista com areia ou pedrisco, para facilitar as operações dos rolos compactadores.

A espessura da camada individual acabada deve situar-se no intervalo de 3 cm, no mínimo, a 7 cm, no máximo. Para camada de maior espessura, os serviços devem ser executados em mais de uma camada.

A compactação deve começar das bordas para o eixo, nos segmentos em tangente, e da borda interna para a borda externa, isto é, do lado mais baixo para o mais alto, nos segmentos em curva. Os rolos compactadores devem cobrir uniformemente, em cada passada, pelo menos a metade da largura da passagem anterior.

Nas passagens iniciais, os rolos compactadores devem operar sem que as juntas transversais



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMISSÃO	jan/2006	FOLHA	10 de 31

ou longitudinais, na largura de 15 cm, sejam compactadas. Depois de espalhada a camada adjacente, a compactação da junta é feita abrangendo, no mínimo, a largura de 15 cm da camada anteriormente executada.

A operação de rolagem deve perdurar até o momento em que seja atingida a compactação de 95% da densidade aparente da mistura, após cura.

Durante a rolagem, não são permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento dos equipamentos sobre o revestimento recém rolado.

Quando houver tráfego na rodovia deve-se ser executado o salgamento da superfície com pó de pedra. O salgamento deve ser executado manualmente imediatamente após o término da compactação da camada.

5.7 Abertura ao Tráfego

A camada recém acabada pode ser aberta ao tráfego após o término do serviço de compactação, desde que não se note deformação ou desagregação sob a ação do tráfego.

Quando for utilizada emulsão de ruptura média, a camada deve ficar aberta ao tráfego por um período mínimo de 20 dias anteriormente à colocação da camada sobrejacente. Quando for utilizada emulsão de ruptura lenta, esse período é reduzido para 10 dias.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Emulsão Asfáltica

Para todo carregamento de emulsão que chegar à obra, devem ser realizados:

- um ensaio de viscosidade Saybolt Furol, conforme NBR 14491⁽⁷⁾;
- um ensaio de resíduo asfáltico da emulsão, conforme NBR 6568⁽⁸⁾;
- um ensaio de peneiração, conforme NBR 14393⁽⁹⁾;
- um ensaio de carga da partícula, conforme NBR 6567⁽¹⁰⁾.

Para cada 100 t:

- um ensaio de sedimentação, conforme NBR 6570⁽¹¹⁾;
- um ensaio de desemulsibilidade, conforme NBR 6569⁽¹²⁾;
- um ensaio de destilação, conforme NBR 6568⁽⁸⁾.

Para todo carregamento de emulsão asfáltica que chegar à obra deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada para possíveis ensaios posteriores.



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	11 de 31

6.1.2 Agregados

Diariamente deve-se inspecionar a britagem e os depósitos com o intuito de garantir que os agregados estejam limpos, isentos de pó e de outras contaminações prejudiciais.

Devem ser executados os seguintes ensaios no agregado graúdo:

- abrasão Los Angeles, conforme NBR NM51⁽¹⁾: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
- índice de forma, e percentagem de partículas lamelares, conforme NBR 6954⁽²⁾: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
- durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNER-ME 089⁽³⁾: 1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variação da natureza do material;
- adesividade conforme NBR 6300⁽⁴⁾: 1 ensaio a cada carregamento de ligante asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação na natureza dos materiais.

Para agregado miúdo, determinar:

- equivalente de areia, conforme NBR 12052⁽⁵⁾: 1 ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material.

6.2 Controle da Produção do Pré-Misturado a Frio

O controle da produção do pré-misturado a frio deve ser acompanhado por laboratório, que deve realizar o acompanhamento e os ensaios pertinentes devendo obedecer à metodologia indicada pelo DER/SP e atender aos parâmetros recomendados.

6.2.1 Granulometria dos Agregados

Durante a produção da mistura, deve ser feito ensaio de granulometria de cada agregado empregado, com 2 determinações de cada agregado coletado nos silos por jornada de 8 horas de trabalho, conforme NBR NM 248⁽¹³⁾.

6.2.2 Quantidade de Ligante, Granulometria da Mistura, Volume de Vazios, Estabilidade e Fluência Marshall

O controle das características da mistura na usina deve abranger:

- extração de ligante conforme DNER ME 053⁽¹⁴⁾, ou, preferencialmente, ensaio de extração por refluxo, Soxhlet de 1.000 ml, conforme ASTM D 2172⁽¹⁵⁾, em amostras coletadas na saída do misturador, quantas vezes forem necessárias para calibração da usina e sempre que houver indícios da falta ou excesso de ligante, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 horas de trabalho;
- granulometria da mistura asfáltica com material resultante das extrações da alínea a; quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 horas de trabalho, conforme NBR NM 248⁽¹³⁾;
- ensaio Marshall modificado, conforme DNER-ME 107⁽⁶⁾, com moldagem de três cor-



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMISSÃO	jan/2006	FOLHA	12 de 31

pos-de-prova para determinação do volume de vazios, estabilidade e fluência: um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho.

6.3 Controle da Aplicação e Destinação do Pré-Misturado a Frio

O controle da aplicação do pré-misturado a frio deve ser efetuado através dos procedimentos descritos em seguida.

6.3.1 Envolvimento da Mistura pela Emulsão, Teor de Ligante e Granulometria da Mistura

Após espalhamento e antes da compactação, são coletadas amostras na pista e verificadas as seguintes características da mistura:

- verificação visual das condições de envolvimento da mistura: quatro amostras por jornada de 8 horas de trabalho, amostras coletas com intervalo de 2 horas;
- extração de ligante, teor residual de CAP, conforme DNER ME 053⁽¹⁴⁾, ou ensaio de extração por refluxo Soxhlet de 1.000 ml, conforme ASTM D 2172⁽¹⁵⁾: dois ensaios por jornada de 8 horas de trabalho, amostras coletas com intervalo de 4 horas;
- granulometria da mistura dos agregados, conforme NBR NM 248⁽¹³⁾, do material resultante das extrações: dois ensaios por jornada de 8 horas de trabalho, amostras coletas com intervalo de 4 horas.

6.3.2 Compactação Após Cura

Decorrido o período de cura, deve ser extraído via sonda rotativa um corpo-de-prova a cada 500 m de pré-misturado a frio executado. O grau de compactação é calculado pela relação entre densidade do corpo-de-prova extraído e a densidade aparente da mistura após a cura determinada em laboratório, conforme DNER ME 117⁽¹⁶⁾.

6.3.3 Destinação

Os locais de aplicação da mistura devem estar sempre associados às datas de produção e com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

6.4.1 Controle de Espessura e Cotas

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20 m; devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

A espessura da camada e as diferenças de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal a cada 20 m, conforme nota de serviço.

Opcionalmente a espessura da camada pode ser avaliada em corpos-de-prova extraídos com sonda rotativa, a cada 100 m de superfície executada.



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	13 de 31

6.4.2 Controle da Largura e Alinhamento

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena executadas pelo menos a cada 20 m.

6.4.3 Controle de Acabamento da Superfície

Durante a execução deve ser feito, em cada estaca da locação, o controle de acabamento da superfície com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista.

Deve ser conferida atenção especial à verificação da presença de segregação superficial.

6.5 Deflexões

As deflexões recuperáveis máximas (D_0) devem ser verificadas a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga Benkelman, conforme DNER-ME 24⁽¹⁷⁾, ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, conforme DNER – PRO 273⁽¹⁸⁾.

7 ACEITAÇÃO

Os serviços serão aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais e de execução estabelecidas nesta especificação e discriminadas a seguir.

7.1 Materiais

7.1.1 Emulsão Asfáltica

A emulsão asfáltica será aceita se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1 atendam o especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

7.1.2 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

- os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, lamelaridade, durabilidade e adesividade do agregado graúdo atendam ao estabelecidos no item 3.2.1;
- os resultados individuais e equivalente areia sejam superiores a 55%;
- os resultados da granulometria de cada agregado coletado nos silos, analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com o anexo B, apresentem valores mínimos e máximos dentro dos limites da respectiva faixa de trabalho.



7.2 Produção

7.2.1 Mistura Asfáltica

As misturas são aceitas se:

- apresentarem superfície de envolvimento satisfatória;
- os resultados individuais do teor de ligante residual apresentarem variação de no máximo $\pm 0,3\%$, do fixado em projeto;
- a granulometria da mistura analisada estatisticamente, conforme anexo B, apresentar valores mínimos e máximos dentro dos limites da faixa de trabalho da mistura;
- a porcentagem de vazios, estabilidade e fluência no ensaio Marshall, quando analisados estatisticamente conforme anexo B, apresentarem valores mínimos e máximos dentro dos estabelecidos na Tabela 2.

O conjunto de resultados para análise estatística deverá ser composto por no mínimo 4 e no máximo 10 resultados.

7.3 Execução

7.3.1 Compactação

O grau de compactação de cada segmento avaliado é obtido através da média dos graus de compactação de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras. O grau de compactação individual é determinado através da seguinte expressão:

$$GC = \frac{100 \times d_{\text{pista}}}{d_{\text{projeto}}}$$

Sendo:

d_{pista} = densidade aparente do corpo-de-prova extraído da pista;

d_{projeto} = densidade aparente da mistura após cura.

Os valores obtidos devem ser iguais ou superiores a 95%.

7.3.2 Geometria e Acabamento

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

- na inspeção visual não se verifique segregação ou falta de envolvimento pelo ligante dos materiais;
- a largura da plataforma, não apresente valores inferiores aos previstos para a camada; e os desvios verificados no alinhamento não excedam a + 5 cm;
- a espessura determinada estatisticamente conforme equações 3 e 4 do anexo B, em controle bilateral, situe-se no intervalo de $\pm 5\%$ em relação à espessura prevista em projeto;



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	15 de 31

- d) os valores individuais de espessura, não apresentem variações fora do intervalo de $\pm 410\%$ em relação à espessura prevista em projeto;
- e) os valores individuais de cota fora estejam compreendidos no intervalo de +2 a -1cm em relação à cota prevista em projeto.

O serviço é aceito quanto ao acabamento desde que sejam atendidas as seguintes condições:

- a) a variação máxima entre dois pontos de contato, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada, seja inferior a 0,5 cm;
- b) as juntas executadas apresentem-se homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências;
- c) a superfície apresente-se desempenada, e ocorram marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações.

7.3.3 Deflexões

A deflexão característica de cada sub-trecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para no mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto..

8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução do do pré-misturado a frio.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

- a) para as áreas de apoio necessárias a execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;
- b) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;
- c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;
- d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;
- e) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;
- f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMISSÃO	jan/2006	FOLHA	16 de 31

queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e arvores;

- g) deve-se construir, junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água;
- h) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;
- i) instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

8.2 Emulsões Asfálticas

Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água e sem restrições ambientais. Verificar o descarte do refugo de materiais usados na faixa de domínio e em áreas onde possam causar prejuízos ambientais.

Impedir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200 m, medidos a partir da base da chaminé, em relação a residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.

Definir áreas para as instalações industriais de maneira tal que se consiga o mínimo de agressão ao meio ambiente, priorizando áreas sem restrições ambientais.

A empresa executante é responsável pela obtenção da licença ambiental de instalação e operação, assim como em manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas Normas.

8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

- a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;
- b) transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;
- c) transporte e estocagem de fíler;
- d) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

Os agentes e fontes poluidoras da operação das usinas de asfalto estão apresentados na Tabela 3 a seguir:



Tabela 3 – Agentes e Fontes Poluidoras

Agente Poluidor	Fontes Poluidoras
I - Emissão de Partículas	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. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III - Emissões Fugitivas ¹	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, áreas de peneiramento, pesagem e mistura.

¹ Emissões Fugitivas são quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar seu fluxo.

Para a instalação das usinas asfálticas deve-se licenciá-las junto aos órgãos ambientais competentes.

Para a preservação do meio ambiente na operação da usinas, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

- a) instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou por equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos na legislações vigentes;
- b) apresentar, com o projeto para obtenção de licença, os resultados de medições em chaminés que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental;
- c) dotar os silos de estocagem de agregados frios de proteções laterais e cobertura para evitar a dispersão das emissões durante a operação de carregamento;
- d) enclausurar a correia transportadora de agregados frios;
- e) adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera;
- f) manter pressão negativa no secador rotativo enquanto a usina estiver em operação para evitar emissões de partículas na entrada e saída do secador;
- g) submeter o misturador, os silos de agregados quentes e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera;
- h) fechar os silos de estocagem de massa asfáltica;
- i) manter limpas as vias de acesso internos, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% da capacidade;
- j) dotar os silos de estocagem de fíler de sistema próprio de filtragem a seco;
- k) adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas mar-



gens;

- l) acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos de processo;
- m) manter as chaminés de instalações adequadas para realização de medições;
- n) substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora, como gás ou eletricidade, e estabelecer barreiras vegetais no local sempre que possível.

8.4 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

- a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;
- b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;
- c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;
- d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;
- e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;
- f) é proibido a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na camada de concreto asfáltico junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;
- g) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários;

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido em metros cúbicos de camada acabada. Para a camada intermediária ou de base, o volume é calculado multiplicando as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

O serviço recebido e medido da forma descrita é pago conforme preço unitário contratual respectivo, nos qual se está incluso: o fornecimento de materiais posto usina, inclusive fíler, armazenamento, aquecimento, perdas, usinagem, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, compactação e acabamento; abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO

23.07.01 – Pré-Misturado a Frio

UNIDADE

m³



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	19 de 31

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM51**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2001.
- 2 _____. **NBR 6954**. Lastro- Padrão – Determinação da forma do material. Rio de Janeiro, 1989.
- 3 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 089**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6300**. Emulsões asfálticas catiônicas - Determinação da resistência à água (adesividade). Rio de Janeiro, 2001.
- 5 _____. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.
- 6 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM . **DNER-ME 107**. Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica - ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1997.
- 7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14491**. Emulsões Asfálticas – determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2000.
- 8 _____. **NBR 6568**. Emulsões asfálticas – determinação do resíduo de destilação. Rio de Janeiro, 2005.
- 9 _____. **NBR 14393**. Emulsões asfálticas – determinação da peneiração. Rio de Janeiro 1999.
- 10 _____. **NBR 6567**. Emulsões asfálticas – Determinação da carga da partícula. Rio de Janeiro, 2000.
- 11 _____. **NBR 6570**. Emulsões Asfálticas – determinação da sedimentação. Rio de Janeiro, 2000.
- 12 _____. **NBR 6569**. Emulsões Asfálticas catiônicas – determinação da desemulsibilidade. Rio de Janeiro, 2000.
- 13 _____. **NBR NM 248**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2001.
- 14 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-ME 053**. Misturas betuminosas – percentagem de betume. Rio de Janeiro, 1994.
- 15 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2172**. Standard Test Method for Quantitative Extraction of Bitumen from Bituminous Paving Mixtures. Pennsylvania, 2001.



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	20 de 31

- 16 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 117**. Mistura Betuminosa – determinação da densidade aparente. Rio de Janeiro, 1994.
- 17 _____. **DNER ME 24**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.
- 18 _____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer – FWD”. Rio de Janeiro, 1996.
- 19 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6297**. Emulsões Asfálticas de ruptura lenta. - determinação da ruptura – método da mistura com cimento. Rio de Janeiro, 2003.
- 20 _____. **NBR 6302**. Emulsões asfálticas – determinação da ruptura – método de mistura com fíler silícico. Rio de Janeiro 2000.
- 21 _____. **NBR 6299**. Emulsões asfálticas - Determinação do pH. Rio de Janeiro, 2005.
- 22 _____. **NBR 6576**. Materiais betuminosos – determinação da penetração. Rio de Janeiro, 1998.
- 23 _____. **NBR 14855**. Materiais betuminosos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2002.
- 24 _____. **NBR 6293**. Materiais betuminosos - Determinação da ductibilidade. Rio de Janeiro, 2001.

/ANEXO A



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	21 de 31

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE



SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	22 de 31

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 Ligante Asfáltico				
Viscosidade Saybolt-Furol	NBR 14491 ⁽⁷⁾	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Resultados individuais	Atender o especificado no Anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização
Resíduo asfáltico da emulsão	NBR 6568 ⁽⁸⁾			
Peneiração	NBR 14393 ⁽⁹⁾			
Carga de partícula	NBR 6567 ⁽¹⁰⁾			
Sedimentação	NBR 6570 ⁽¹¹⁾	1 ensaio para cada 100 t		
Desemulsibilidade	NBR 6569 ⁽¹²⁾			
Destilação	NBR 6568 ⁽⁸⁾			
1.2 Agregado Graúdo				
Abrasão Los Angeles	NBR NM51 ⁽¹⁾	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material	Resultados individuais	< 50%
Índice de forma e partículas lamelares	NBR 6954 ⁽²⁾			Índice de forma $\geq 0,5$ e Partículas lamelares $\leq 10\%$
Durabilidade com sulfato de sódio, em 5 ciclos	DNER – ME 089 ⁽³⁾			$\leq 12\%$
Resistência à água (adesividade)	NBR 6300 ⁽⁴⁾			$\geq 90\%$
1.4 Agregado Miúdo				
Equivalente de areia	NBR 12052 ⁽⁵⁾	1 ensaio por jornada de 8 h trabalho e sempre que houver variação da natureza do agregado	Resultados individuais	$\geq 55\%$

/continua



/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DO PRÉ-MISTURADO A FRIO				
2.1 Granulometria dos Agregados				
Granulometria de cada agregado coletado nos silos	NBR NM 248 ⁽¹³⁾	2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho	<p>Controle Bilateral</p> $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE} \text{ e}$ $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ <p>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras</p>	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto
2.2 Quantidade de Ligante, Granulometria da Mistura, Porcentagem de Vazios, Estabilidade e Fluência Marshall				
Extração de ligante (teor residual de CAP), em amostras coletadas na saída do misturador	DNER ME 053 ⁽¹⁴⁾ ou ASTM D 2172 ⁽¹⁵⁾	<p>Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina</p> <p>Quando houver indícios de falta ou excesso no teor de ligante</p> <p>No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho</p>	<p>Controle Bilateral</p> $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE} \text{ e}$ $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ <p>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras</p>	± 0,3% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR NM 248 ⁽¹³⁾	<p>Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina</p> <p>No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho</p>	<p>Controle Bilateral</p> $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE} \text{ e}$ $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ <p>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras</p>	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 1

/continua



SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	24 de 31

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Moldagem de, no mínimo 3 corpos-de-prova Marshall, na energia especificada no projeto, para as determinações abaixo:	DNER-ME 107 ⁽⁶⁾	1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	-	-
Estabilidade mín., kN (50 ou 75 golpes no Ensaio Marshall)		1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Unilateral $\bar{X} - K_1 S \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	PMF aberto 2,5 kN (75 golpes) 1,5 kN (50 golpes) PMF semi-denso e denso 3,5 kN (75 golpes) 2,0 kN (50 golpes)
Fluência		1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $\bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	8 a 18 (0,01") 2 a 4,5 (mm)
Volume de vazios - Vv (%)		1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $\bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	PMF aberto > 20% PMF semi-denso (10 a 20%) PMF denso < 10%

/continua



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	25 de 31

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
3.1 Superfície de Envolvimento, Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Condições de envolvimento da mistura	Visual	4 amostras por jornada de 8 h de trabalho, amostras coletadas com intervalo de 2 h	Resultados individuais	Satisfatória
Extração de ligante (teor residual de CAP)	DNER-ME 053 ⁽¹⁴⁾ ou ASTM D 2172 ⁽¹⁵⁾	2 extrações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	$\pm 0,3\%$ do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR NM 248 ⁽¹³⁾	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $\bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $\bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto
3.2 Compactação após Cura				
Determinar a densidade aparente de cada corpo-de-prova extraído e o correspondente grau de compactação	DNER ME 117 ⁽¹⁶⁾	A cada 500 m de faixa de rolamento compactada	Média $GC = \frac{100 \times d_{\text{pista}}}{d_{\text{projeto}}}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	O grau de compactação é aceito se a média de GC $\geq 95\%$

/continua



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	26 de 31

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
4.1 Geométrico				
Determinação da espessura através dos corpos-de-prova extraídos	Medidas com paquímetro	A cada 100 m de faixa de rolamento compactada	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$	$\pm 5\%$ da espessura de projeto e
Espessura	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários	Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras e Resultados Individuais	não possuir valores individuais fora do intervalo de $\pm 10\%$ em relação da espessura de projeto
Cota		A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários	Resultados individuais	- 2cm a +1 cm da cota de projeto
Largura da plataforma, desvios dos alinhamentos	Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados Individuais	No máximo + 5 cm
4.2 Acabamento				
Nivelamento com 2 réguas, uma de 3,0 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista	Réguas	A cada 20 m	Resultados individuais	A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser < 0,5 cm
De modo geral as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências. A superfície deve apresentar-se desempenada, não deve conter marcas indesejáveis do equipamento de compactação.				

/continua



SECRETARIA DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA (CONTINUAÇÃO)

CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	27 de 31

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
5. DEFLEXÕES				
Determinação deflectométrica, D_0	Viga Benkelman DNER-ME 24 ⁽¹⁷⁾ Ou FWD DNER – PRO 273 ⁽¹⁸⁾	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0 ;	Controle Unilateral $\bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada sub-trecho deve ser a estabelecida em projeto

/ANEXO B



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	28 de 31

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO



Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra (\bar{X})	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	<p>Onde:</p> <p>X_i = valor individual da amostra</p> <p>N = nº de determinações efetuadas</p> <p>K = coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras</p> <p>K_1 = coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações</p> <p>LSE = limite superior especificado</p> <p>LIE = limite inferior especificado</p>
2 – Desvio-padrão da amostra (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 – controle pelo limite inferior	$X = \bar{X} - KS \geq \text{LIE}$ Ou	
4- controle pelo limite superior	$X = \bar{X} + KS \leq \text{LSE}$	
Controle Bilateral		
5 – controle pelo limite inferior e superior	$X = \bar{X} - K_1 S \geq \text{LIE}$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq \text{LSE}$	

Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

N	K	K ₁	N	K	K ₁	N	K	K ₁
4	0,95	1,34	10	0,77	1,12	25	0,67	1,00
5	0,89	1,27	12	0,75	1,09	30	0,66	0,99
6	0,85	1,22	14	0,73	1,07	40	0,64	0,97
7	0,82	1,19	16	0,71	1,05	50	0,63	0,96
8	0,80	1,16	18	0,70	1,04	100	0,60	0,92
9	0,78	1,14	20	0,69	1,03	∞	0,52	0,84

/ANEXO C



CÓDIGO	ET-DE-P00/025	REV.	A
EMIÇÃO	jan/2006	FOLHA	30 de 31

ANEXO C – EMULSÕES ASFÁLTICAS CATIÔNICAS



EMULSÕES CATIÔNICAS*				
CARACTERÍSTICAS	Métodos de Ensaio (ABNT)	Ruptura Média		Ruptura Lenta
		RM-1C	RM-2C	RL-1C
Ensaio sobre a emulsão:				
a) Viscosidade Saybolt-Furol, SSF a 50°C	NBR 14491 ⁽⁷⁾	20-200	100-400	máx 70
b) Sedimentação, 5 dias, % peso máx. por diferença	NBR 6570 ⁽¹¹⁾	5	5	5
c) Peneiração - retido #0,84 mm - % máx., em peso	NBR 14393 ⁽⁹⁾	0,1	0,1	0,1
d) Resistência à água, % min de cobertura	NBR 6300 ⁽⁴⁾			
Agregado seco		80	80	80
Agregado úmido		60	60	60
e) Mistura com cimento, % máx.	NBR 6297 ⁽¹⁹⁾	-	-	2
ou mistura com filer silício	NBR 6302 ⁽²⁰⁾	-	-	1,2 - 2,0
f) Carga de partícula	NBR 6567 ⁽¹⁰⁾	positiva	positiva	positiva
g) pH, máx.	NBR 6299 ⁽²¹⁾	-	-	6,5
h) Destilação:	NBR 6568 ⁽⁸⁾			
- solvente destilado, % em volume sobre o total da emulsão		0 - 20	0 - 12	-
- resíduo, % mínimo, em peso		62	65	60
i) Desemulsibilidade, % peso:	NBR 6569 ⁽¹²⁾			
mínimo		-	-	-
máximo		50	50	-
Ensaio sobre o resíduo da emulsão:				
a) Penetração a 25°C, 100g, 5s, 0,1mm	NBR 6576 ⁽²²⁾	50 - 250	50 - 250	50 - 250
b) Teor de betume, % mínimo em peso	NBR 14855 ⁽²³⁾	97	97	97
c) Ductibilidade a 25°C, 5 cm/min, cm, mín.	NBR 6293 ⁽²⁴⁾	40	40	40

* Fonte DNER – EM 369/97 – Especificação de Material - Emulsões Asfálticas Catiônicas