TÍTULO

PRÉ-MISTURADO A FRIO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Pré-misturado. Frio. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 23/05**. Pavimentação: Pré-Misturado a Frio. Curitiba, 2017.

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

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 153/2010 - ES**. Pavimentação asfáltica – Pré-misturado a frio com emulsão catiônica convencional – Especificação de serviço, Rio de Janeiro 2010.

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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 8
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 11
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 12
6.5 Deflexões 13
7 ACEITAÇÃO 13
7.1 Materiais 13

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

7.2 Produção 13
7.3 Execução 14
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 17
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 18
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 18
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 21
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 27
ANEXO C – EMULSÕES ASFÁLTICAS CATIÔNICAS 29
ANEXO D – EMULSÕES ASFÁLTICAS MODIFICADA POR POLÍMEROS ELASTOMÉRICOS 31

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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, semidensos ou abertos.

A classificação denso, semidenso e aberto é definida através do valor do índice de vazios:

a) Pré-misturado a frio denso (PMFD) para índice de vazios menor do que 10%;
b) Pré-misturado semidenso (PMFSD) para índice de vazios entre 10% e 20%;
c) Pré-misturado a frio aberto (PMFA) para índice de vazios superior a 20%.

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, emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipo RL-1C e emulsões asfálticas modificadas por polímero tipos RM-1C-E e RL-1C-E. As emulsões devem atender ao especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

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:

a) desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974[(1)], inferior a 50%;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) índice de forma superior a 0,5, conforme DNIT 425/2020 – ME[2];

c) 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
		% em Massa, Passando							
ASTM	mm	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	40 – 70	45 - 80	70 - 90	± 7%
Nº 4	4,75	5 - 20	10 - 35	20 - 40	18 - 35	20 – 40	25 - 45	30 - 60	± 5%
Nº 10	2,0	0 - 10	5 - 20	10 - 20	10 - 20	10 – 25	15 – 30	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 Semidenso			PMF Denso	

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

a) o tamanho máximo do agregado da faixa adotada deve ser inferior a 1/3 da espessura da camada compactada;

b) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer a tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1,

c) a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4% do total;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

d) deve ser utilizado o método Marshall modificado para misturas a frio, conforme DNER-ME 107[6], para verificação das condições de vazios, , 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 Semidenso	PMF Denso
% de Vazios Totais	> 20	10 a 20	< 10
Teor de emulsão asfáltica	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 frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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 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 vibroacabadoras, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento definidos no projeto.

As vibroacabadoras 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-buracos ou de pequenos segmentos descontínuos.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

4.8 Equipamento para Compactação e Acabamento

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

Os rolos pneumáticos, autopropulsionados, 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 ºC.

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 misturação com a emulsão.

5.4 Transporte do Pré-Misturado a Frio

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

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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 e 50% da água da emulsão, mais a água de umedecimento acrescentada na misturação. 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 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.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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:

a) um ensaio de viscosidade Saybolt Furol, conforme NBR 14491[(7)];
b) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560[(24)];
a) um ensaio de resíduo asfáltico da emulsão, conforme NBR 6568[(8)];
c) um ensaio de peneiração, conforme NBR 14393[(9)];
d) um ensaio de carga da partícula, conforme NBR 6567[(10)].

Para cada 100 t:

a) um ensaio de sedimentação, conforme NBR 6570[(11)];
b) um ensaio de desemulsibilidade, conforme NBR 6569[(12)]
c) 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.

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:

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974[(1)]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

b) índice de forma, conforme DNIT 425/2020 – ME[(2)]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;

c) 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;

d) 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:

a) 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 acompanhando 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 17054[(13)].

6.2.2 Teor de Ligante, Granulometria da Mistura e Volume de Vazios

O controle das características da mistura na usina deve abranger:

a) extração de ligante conforme método de ensaio SP ME-DE-P00-011[(14)], 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;

b) 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 17054 [(13)];

c) ensaio Marshall, conforme DNER-ME 107, com moldagem de três corpos-de-prova para determinação do volume de vazios, 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.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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:

a) verificação visual das condições de envolvimento da mistura: quatro amostras por jornada de 8 horas de trabalho, amostras coletas com intervalo de 2 horas;

b) secar as amostras em estufa a 110ºC até peso constante;

c) extração de ligante, teor residual de CAP, conforme método de ensaio ME-DE-P00-011[(14),] dois ensaios por jornada de 8 horas de trabalho, amostras coletas com intervalo de 4 horas;

d) granulometria da mistura dos agregados, conforme NBR 17054[(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 DNIT 428/2022 – ME[(15)].

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.

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.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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 024[(16)], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, conforme DNER – PRO 273[(17)].

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:

a) 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;

b) os resultados individuais e equivalente areia sejam superiores a 55%;

c) 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:

a) apresentarem superfície de envolvimento satisfatória;

b) os resultados individuais do teor de ligante residual apresentarem variação de no máximo ± 0,3%, do fixado em projeto;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

c) a granulometria da mistura analisada estatisticamente, conforme anexo B, apresentar valores mínimos e máximos dentro dos limites da faixa de trabalho da mistura;

d) a porcentagem de vazios, 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:

$$GC = \frac{100 \times d_{pista}}{Gmm}$$

Sendo:

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

Gmm = densidade máxima medida (Rice) da amostra coletada da vibro-acabadora;

O grau de compactação é aceito se o valor estatístico de GC ≥ 92% e ≤ 97%.

7.3.2 Geometria e Acabamento

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

a) na inspeção visual não se verifique segregação ou falta de envolvimento pelo ligante dos materiais;

b) a largura da plataforma, não apresente valores inferiores aos previstos para a camada; e os desvios verificados no alinhamento não excedam a + 5 cm;

c) a espessura determinada estatisticamente conforme equações 3 e 4 do anexo B, em controle bilateral, situe-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

d) os valores individuais de espessura, não apresentem variações fora do intervalo de ± 10% 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;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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 subtrecho 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 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 à 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 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;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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. Vedar 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.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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

Para a preservação do meio ambiente na operação das 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 nas 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 margens;

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;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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	UNIDADE
23.07.01 – Pré-Misturado a Frio	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2022.

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 - ME**. Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

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) em agregados graúdos. Rio de Janeiro, 2009.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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, 1994.

7 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14491**. Emulsões asfálticas – Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2007.

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 2012.

10 ____. **NBR 6567**. Ligantes asfálticos – Determinação da carga de partícula. Rio de Janeiro, 2015.

11 ____. **NBR 6570**. Ligantes asfálticos – Determinação da sedimentação e estabilidade à estocagem de emulsões asfálticas. Rio de Janeiro, 2016.

12 ____. **NBR 6569**. Emulsões asfálticas catiônicas – Determinação da desemulsibilidade. Rio de Janeiro, 2008.

13 ____. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

14 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ME-DE-P00-011**. Determinação do teor de asfalto por meio do forno NCAT (Ignition Method). São Paulo, 2023.

15 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 428/2022 - ME**. Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados – Método de ensaio. Brasília, 2022.

16 ____. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

17 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “Falling Weight Deflectometer (FWD)”. Rio de Janeiro, 1996.

18 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6297**. Emulsão asfáltica de ruptura lenta. - Determinação da ruptura – Método da mistura com cimento. Rio de Janeiro, 2012.

19 ____. **NBR 6302**. Emulsões asfálticas – Determinação da ruptura – Método de mistura com fíler silícico. Rio de Janeiro 2008.

20 ____. **NBR 6299**. Emulsões asfálticas - Determinação do pH. Rio de Janeiro, 2012.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

21 ____. **NBR 6576**. Materiais asfálticos – Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

22 ____. **NBR 14855**. Ligantes asfálticos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2015.

23 ____. **NBR 6293**. Ligantes asfálticos - Determinação da ductibilidade ductilidade. Rio de Janeiro, 2001 2015.

24 ____. **NBR 6560**. Ligantes asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2016.

25 ____. **NBR 14376**. Ligantes asfálticos - Determinação do teor do resíduo seco de emulsões asfálticas convencionais ou modificadas - Métodos expeditos. Rio de Janeiro, 2019.

26 ____. **NBR 15184**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2004.

27 ____. **NBR 15086**. Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro. Rio de Janeiro, 2006.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

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 16974[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	DNIT 425/2020 - ME[2]			≥ 0,5
Durabilidade com sulfato de sódio, em 5 ciclos	DNER – ME 089[3]			≤ 12%
Resistência à água (adesividade)	NBR 6300[4]	para todo carregamento de ligante que chegar na obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais		≥ 90%
1.3 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	≥ 55%

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/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 17054[13]	2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ 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
2.2 Quantidade de Ligante, Granulometria da Mistura e Porcentagem de Vazios				
Extração de ligante (teor residual de CAP), em amostras coletadas na saída do misturador	ME-DE-P00-011[14]	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina Quando houver indícios de falta ou excesso no teor de ligante No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054[13]	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 1

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
Moldagem de, no mínimo 3 corpos-de-prova Marshall, com 75 golpes por face, para as determinações abaixo:	DNER-ME 107[6]	1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	-	-
Volume de vazios - Vv (%)		1 determinação por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	PMF aberto > 20% PMF semidenso (10 a 20) % PMF denso < 10%
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)	ME-DE-P00-011[14]	2 extrações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	± 0,3% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054[13]	2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho	Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ 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

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

3.2 Compactação após Cura				
Determinar a densidade aparente de cada corpo-de-prova extraído e o correspondente grau de compactação	DNIT 428/2022 - ME[15]	A cada 500 m de faixa de rolamento compactada	Média $GC = \frac{100 \times d_{pista}}{Gmm}$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	O grau de compactação é aceito se GC ≥ 92% e ≤ 97%
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 $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras e Resultados Individuais	± 5% da espessura de projeto e não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação da espessura de projeto
Espessura	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários		
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

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
5. DEFLEXÕES				
Determinação deflectométrica, D_0	Viga Benkelman DNER-ME 024[16] Ou FWD DNER – PRO 273[17]	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0;	Controle Unilateral $X = \bar{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela B-1 – Controle Estatístico

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

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

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO C – EMULSÕES ASFÁLTICAS CATIÔNICAS

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

EMULSÕES CATIÔNICAS*				
CARACTERÍSTICAS	**Métodos de Ensaio (ABNT)**	**Ruptura Média**		**Ruptura Lenta**
		RM-1C	**RM-2C**	**RL-1C**
Ensaios sobre a emulsão:				
a) Viscosidade Saybolt Furol a 25°C, máx.	NBR 14491(7)	-	-	90
b) Viscosidade Saybolt Furol, a 50°C	NBR 14491(7)	20-200	100-400	-
c) Sedimentação, 5 dias, % peso máx. por diferença	NBR 6570(11)	5	5	5
d) Peneiração - retido #0,84 mm - % máx., em peso	NBR 14393(9)	0,1	0,1	0,1
e) Resistência à água, % mín. de cobertura	NBR 6300(4)			
Agregado seco		80	80	80
Agregado úmido		60	60	60
f) Mistura com cimento, % máx.	NBR 6297(18)	-	-	2
ou mistura com fíler silícico	NBR 6302(19)	-	-	2,0
g) Carga de partícula	NBR 6567(10)	positiva	positiva	positiva
h) pH, máx.	NBR 6299(20)	-	-	6,5
i) Destilação:	NBR 6568(8)			
- solvente destilado, % em volume sobre o total da emulsão		0 – 12	0 - 12	-
- resíduo, % mínimo, em peso		62	65	60
j) Desemulsibilidade, % peso:	NBR 6569(12)			
mínimo		-	-	-
máximo		50	50	-
Ensaios sobre o resíduo da emulsão:				
a) Penetração a 25°C, 100g, 5s, mm	NBR 6576(21)	4 – 15	4 – 15	4 – 15
b) Teor de betume, % mínimo em peso	NBR 14855(22)	97	97	97
c) Ductibilidade a 25ºC, 5 cm/mín., cm, mín.	NBR 6293(23)	40	40	40

* Fonte Resolução ANP nº 32, 14 de outubro de 2009 e regulamento técnico ANP nº 5/2009.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO D – EMULSÕES ASFÁLTICAS MODIFICADA POR POLÍMEROS ELASTOMÉRICOS

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

EMULSÕES CATIÔNICAS MODIFICADAS POR POLÍMERO ELASTOMÉRICO *				
Característica	**Un.**	**Tipos (por Ruptura)**		**Método**
		Média	**Lenta**	**ABNT**
		RM1C-E	**RL1C-E**	
Ensaio sobre emulsão				
Viscosidade Saybolt Furol, a 50ºC	S	20 - 200	70 máx.	NBR 14491(7)
Sedimentação, máx.	% massa	5	5	NBR 6570(11)
Peneiração, 0,84 mm, máx.	% massa	0,1	0,1	NBR 14393(9)
Resistência à água, mín. de cobertura				
agregado seco	%	80	80	NBR 6300(4)
agregado úmido	%	60	60	
Carga da partícula	-	positiva	positiva	NBR 6567(10)
pH, máx.	-	-	6,5	NBR 6299(20)
Destilação - solvente destilado a 360ºC	% volume	0 - 12	0	NBR 6568(8)
Resíduo seco, mín.	% massa	62	60	NBR 14376(25)
Desemulsibilidade,				
mínimo	% massa	-	-	NBR 6569(12)
máximo	% massa	50	-	
Ensaios para o resíduo da emulsão obtido pela ABNT NBR 14896				
Penetração a 25ºC, 100g, 5s	0,1 mm	45 - 150	45 - 150	NBR 6576(21)
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	55	55	NBR 6560(24)
Viscosidade Brookfield a 135ºC, SP21, 20RPM, mín.	cP	600	600	NBR 15184(26)
Recuperação elástica a 25ºC, 20 cm, mín.	%	70	70	NBR 15086(27)

* Fonte Resolução ANP nº 32, 14 de outubro de 2009 e regulamento técnico ANP nº 5/2009.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.