TÍTULO

AREIA-ASFALTO QUENTE

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Areia-asfalto. Mistura. Pavimentação.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT ES-32/2005.** Pavimentos flexíveis – Areia-asfalto a quente – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2005.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

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 Cimento Asfáltico 4
3.2 Agregados 4
3.3 Composição da Mistura 5
4 EQUIPAMENTOS 6
4.1 Depósito para Cimento Asfáltico 6
4.2 Depósito para Agregados – Areia 6
4.3 Usina para Misturas Asfálticas 7
4.4 Caminhão para Transporte da Mistura 8
4.5 Equipamento para Distribuição e Acabamento 8
4.6 Equipamento para Compactação 8
4.7 Ferramentas e Equipamentos Acessórios 8
5 EXECUÇÃO 9
5.1 Segmento Experimental 9
5.2 Condições Gerais 9
5.3 Preparo da Superfície 9
5.4 Produção da Areia-Asfalto a quente 10
5.5 Transporte da Areia-asfalto a quente 10
5.6 Distribuição da Mistura 11
5.7 Compactação da Mistura 12
5.8 Juntas 12
5.9 Abertura ao Tráfego 13
6 CONTROLE 13
6.1 Controle dos Materiais 13
6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica 14
6.3 Controle da Execução 15
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento 15
6.5 Condições de Segurança 16
6.6 Deflexões 16
7 ACEITAÇÃO 16
7.1 Materiais 17

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 17
7.3 Execução 18
8 CONTROLE AMBIENTAL 20
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados 20
8.2 Cimento Asfáltico 20
8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras 21
8.4 Execução 22
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 23
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 23
ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE 25
ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO 33
ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO 35

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 os processos de produção, execução, aceitação e medição dos serviços de areia-asfalto a quente em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

Areia-asfalto a quente é uma mistura executada em usina apropriada composta de: areia, material de enchimento, filer, melhorador de adesividade, quando necessário, e cimento asfáltico; sendo espalhada e compactada a quente. A areia-asfalto a quente pode ser empregada como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento.

3 MATERIAIS

Os materiais constituintes da areia-asfalto a quente são: agregado miúdo, material de enchimento, filer, quando necessário, e cimento asfáltico. Devem satisfazer às normas pertinentes e às especificações aprovadas pelo DER/SP.

3.1 Cimento Asfáltico

Podem ser empregados os cimentos asfálticos de petróleo dos tipos CAP 30-45, CAP 50-70 e CAP 85-100, classificação por penetração, atendendo ao especificado na Resolução da ANP nº 19/2005 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, apresentada no anexo C, ou à especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

Todo o carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante ou distribuidor, o certificado de resultado da análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de carregamento para transporte, com destino ao canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a fábrica e o canteiro de obra.

3.2 Agregados

3.2.1 Areia - Agregado Miúdo

O agregado miúdo é a areia. Suas partículas individuais devem ser resistentes em seus grãos, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55%, conforme NBR 12052[(1)].

3.2.2 Material de Enchimento – Filer

O material de enchimento deve ser de natureza mineral finamente dividido, tal como cimento Portland, cal extinta, pós calcários, cinzas volantes etc., conforme DNER EM 367[(2)]. Na aplicação, o filer deve estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deve obedecer aos limites estabelecidos na Tabela 1.

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.

Tabela 1 – Granulometria do Filer

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando
ASTM	mm	
n° 40	0,42	100
n° 80	0,18	95 - 100
n° 200	0,075	65 - 100

3.2.3 Melhorador de Adesividade

Quando não houver boa adesividade entre o ligante asfáltico e a areia, deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto de mistura asfáltica, verificando novamente a adesividade, conforme NBR 12584[(3)].

A adesividade do agregado miúdo ao ligante asfáltico é determinada conforme o método NBR 12584[(3)].

3.3 Composição da Mistura

A composição da mistura areia asfalto a quente deve satisfazer os requisitos apresentados na Tabela 2, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria.

Quando a camada de areia-asfalto for destinada a ser uma camada de revestimento, deve ser projetada com uma faixa granulométrica próxima aos limites inferiores da especificação. Deve-se conferir especial atenção à seleção da granulometria de projeto, tendo em vista a obtenção de rugosidade que assegure condições adequadas de segurança ao tráfego.

Tabela 2 – Composição das Misturas Asfálticas

Peneira de Malha Quadrada		Designação		Tolerâncias
		I	II	
ASTM	Mm	% em Massa, Passando		
3/8”	9,5	100		
Nº 4	4,75	80 - 100	100	± 5%
Nº 10	2,0	60 - 95	90 - 100	± 4%
Nº 40	0,42	16 - 52	40 - 90	± 4%
Nº 80	0,18	4 - 15	10 - 47	± 3%
Nº 200	0,075	2 - 10	0 - 7	± 2%
Variação do teor de ligante sobre total da mistura %		6 - 12	7 - 12	± 0,3%

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

a) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer a tolerância indicada para cada peneira na Tabela 2, porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;

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) o projeto de dosagem deve ser refeito periodicamente, no mínimo a cada 4 meses e todas as vezes que ocorrer alteração de algum dos materiais constituintes da mistura;

c) o teor ótimo de ligante do projeto de mistura asfáltica, deve corresponder àquele que atende simultaneamente a todos os requisitos da Tabela 3.

Tabela 3 – Requisitos para o Projeto de Mistura Asfáltica

Características	Método de Ensaio	Limites
Estabilidade Marshall, mínima, kN (75 golpes por face)	DNER ME 043(4)	3
Fluência Marshall (mm)		2,0 a 4,5
Volume de vazios, %		3 a 8
Relação Betume Vazios – RBV (%)		65 a 85

4 EQUIPAMENTOS

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

Os equipamentos básicos para execução dos serviços de concreto asfáltico são compostos das seguintes unidades.

4.1 Depósito para Cimento Asfáltico

Os depósitos para o cimento asfáltico devem ser capazes de aquecer o material conforme as exigências técnicas estabelecidas, atendendo aos seguintes requisitos:

a) o aquecimento deve ser efetuado por meio de serpentinas a vapor, a óleo, a eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto de chamas com o depósito; esses dispositivos também devem evitar qualquer superaquecimento localizado, e ser capaz de aquecer o cimento asfáltico a temperaturas limitadas;

b) o sistema de circulação para o cimento asfáltico deve garantir a circulação desembaraçada e contínua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação;

c) todas as tubulações e acessórios devem ser dotados de isolamento térmico, a fim de evitar perdas de calor;

d) a capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

4.2 Depósito para Agregados – Areia

A areia deve ser estocada convenientemente, isto é, em locais drenados e cobertos, 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.

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.

4.3 Usina para Misturas Asfálticas

A usina utilizada deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90 ºC a 210 ºC, com precisão de ± 1 ºC, deve ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deve ser equipada, além disso, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de ± 5 ºC. A usina deve possuir termômetros nos silos quentes.

Pode, também, ser utilizada uma usina do tipo tambor-secador-misturador, de duas zonas, convecção e radiação, providas de: coletor de pó, alimentador de filer, sistema de descarga da mistura asfáltica, por intermédio de transportador de correia com comporta do tipo *clam-shell* ou alternativamente, em silos de estocagem.

Nas usinas do tipo mistura contínua, recomenda-se que possuam um silo de estocagem para armazenamento da mistura asfáltica recém produzida com o objetivo de evitar paralisação da obra por falta de caminhões ou qualquer outro motivo. A capacidade de armazenamento do silo deverá ser equivalente a, no mínimo, a produção de uma hora de usina.

A usina deve possuir silos de agregados múltiplos, com pesagens dinâmicas individuais e deve ser assegurada a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados.

A usina deve possuir um sistema de controle de fluxo de asfalto do tipo fechado, onde não há interferência do operador na velocidade da bomba de alimentação do ligante asfáltico, bem como de retorno de filer. Estes sistemas devem ser sincronizados com o da correia principal de agregados do silo frio.

A bomba de alimentação do ligante asfáltico deve estar posicionada, no máximo, a dois metros de distância do misturador.

Ainda para as usinas de fluxo contínuo, recomenda-se que haja um misturador externo.

Os tanques da usina, tanto horizontal quanto vertical, devem possuir agitadores.

A usina deve possuir ainda uma cabine de comando e quadros de força. Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para esta aplicação. A operação de pesagem de agregados e do ligante asfáltico deve ser semiautomática com leitura instantânea e acumulada, por meio de registros digitais em *display* de cristal líquido. Devem existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de ligantes asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios.

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 Caminhão para Transporte da Mistura

Os caminhões para o transporte da areia asfalto 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 à chapa. Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis à dissolução do ligante asfáltico, como óleo diesel, gasolina etc. As caçambas devem ser providas de lona para proteção da mistura.

4.5 Equipamento para Distribuição e Acabamento

A distribuição da mistura asfáltica é efetuada através de vibro-acabadora, capaz de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento definidos no projeto A acabadora deve ser equipada com esteiras metálicas para sua locomoção. A acabadora deve possuir, ainda:

a) sistema composto por parafuso-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;

b) sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para frente e para trás;

c) alisadores, vibradores e dispositivos para seu aquecimento à temperatura especificada, de modo que não haja irregularidade na distribuição da massa;

d) sistema de nivelamento eletrônico.

4.6 Equipamento para Compactação

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 calibração uniformes, de modo a evitar marcas indesejáveis na mistura compactada.

O rolo metálico liso tipo tandem deve ter massa compatível com a espessura da camada.

O emprego dos rolos lisos vibratórios pode ser admitido desde que a frequência e a amplitude de vibração sejam ajustadas às necessidades do serviço.

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura de forma que esta atinja a densidade de projeto e o grau de compactação exigido, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

4.7 Ferramentas e Equipamentos Acessórios

Devem ser utilizados, complementarmente, os seguintes equipamentos e ferramentas:

a) soquetes mecânicos ou placas vibratórias para a compactação de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais;

b) pás, garfos, rodos e ancinhos para operações eventuais.

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) vassouras rotativas, compressores de ar para limpeza da pista.

d) caminhão tanque irrigador para limpeza de pista.

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de areia asfalto a quente, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerado experimental, para obtenção dos objetivos:

a) verificar se a mistura produzida na usina apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim;

b) definir o processo construtivo da camada (distribuição da massa, temperatura de início de compactação, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra de concreto asfáltico, assim como seu grau de compactação;

c) Verificar se os equipamentos a serem utilizados na obra estão adequados, em condições de uso e suficientes para a execução da mesma (checklist dos equipamentos).

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de concreto asfáltico, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.7 da especificação.

5.2 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva. A areia-asfalto a quente somente deve ser fabricada, transportada e aplicada quando a temperatura ambiente for superior a 10 ºC.

A camada de areia asfalto só deve ser executada quando a camada subjacente estiver liberada quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

Durante todo o tempo que durar a execução da camada, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação

5.3 Preparo da Superfície

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

Caso tenha ocorrido chuva previamente à aplicação da areia asfalto a quente, a camada de apoio deverá estar seca não apenas na superfície, como principalmente no interior da camada subjacente.

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 imprimação ou pintura de ligação deve ser executada, obrigatoriamente, com a barra espargidora, respeitando os valores recomendados para taxa de ligante. Somente para correções localizadas ou locais de difícil acesso pode ser utilizada a caneta. A imprimação deve formar uma película homogênea e promover condições adequadas de aderência quando da execução da camada de areia asfalto.

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

Deve-se tomar cuidado para que não ocorra superposição de imprimadura ligante quando da execução de duas faixas contíguas tanto transversal quando longitudinalmente.

O tráfego de caminhões, para início do lançamento da mistura sobre a pintura de ligação, só é permitido após o rompimento e cura do ligante aplicado.

5.4 Produção da Areia-Asfalto a quente

A areia-asfalto a quente deve ser produzida em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado. A usina deve ser calibrada, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.

A temperatura do cimento asfáltico empregado na mistura deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade *Saybolt-Furol* situada dentro da faixa de 75 SSF a 150 SSF, conforme NBR 14950(5), sendo recomendada viscosidade situada no intervalo de 75 SSF a 95 SSF. Quando medida por viscosímetro rotacional, conforme NBR 15184(14), a viscosidade recomendada é de 170±20 cP. A temperatura do ligante não deve ser inferior a 120 °C nem exceder 177 °C.

Para o caso de usinas gravimétricas, os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5 °C a 10 °C acima da temperatura do cimento asfáltico, sem ultrapassar 177 °C.

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 5 °C a 10 °C acima da temperatura do cimento asfáltico, sem ultrapassar 177 °C.

A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba, obedecendo a seguinte ordem de descarga da usina:1º na frente, 2º na traseira e 3º no meio.

A produção na usina só deve ser iniciada quando o equipamento para transporte de material estiver em condições de uso, evitando-se demora no transporte e na descarga na acabadora, impedindo desta forma diminuição da temperatura da mistura e prejuízos à compactação.

5.5 Transporte da Areia-asfalto a quente

A areia-asfalto a quente produzida deve ser transportada da usina ao local de aplicação em caminhões, atendendo ao especificado no item 4.4 para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada.

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, da eventual contaminação por poeira e, especialmente, da perda de temperatura e queda de partículas durante o transporte. As lonas devem estar bem fixadas na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura.

O tempo máximo de permanência da mistura no caminhão é dado pelo limite de temperatura estabelecido para aplicação da massa na pista.

5.6 Distribuição da Mistura

Tendo em vista a obtenção de maior eficácia na operação de compactação, recomenda-se a execução prévia de panos experimentais, com a finalidade de definir os tipos de equipamentos e técnicas de compactação a ser adotada, bem como o número de coberturas necessárias à obtenção da densidade de projeto e o respectivo grau de compactação.

A distribuição da mistura deve ser feita por equipamentos adequados, conforme especificado no item 4.5.

Deve ser assegurado, previamente ao início dos trabalhos, o aquecimento conveniente da mesa alisadora da vibro-acabadora à temperatura compatível com a da massa a ser distribuída. Deve-se observar que o sistema de aquecimento destina-se exclusivamente ao aquecimento da mesa alisadora e nunca o da massa asfáltica, que eventualmente tenha esfriado em demasia.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas devem ser corrigidas de imediato pela adição manual da mistura. Seu espalhamento deve ser efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos. Esta alternativa deve ser, no entanto, minimizada, já que o excesso de reparo manual é nocivo à qualidade do serviço.

Na partida da acabadora devem ser colocadas de 2 a 3 réguas, com a espessura do empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.

A mistura deve apresentar textura uniforme, sem pontos segregados. Qualquer falha constatada na superfície deve ser sanada antes do início da compactação, com espalhamento manual, isto é, salgamento.

Na descarga, o caminhão deve ser empurrado pela vibro-acabadora, não se permitindo choques durante a operação.

A vibro-acabadora deve sempre ser abastecida exclusivamente com o material da caçamba, sendo vedado o aproveitamento do material das abas entre as cargas.

O tipo de vibro-acabadora deve ser definido em função da capacidade de produção da usina, distância de transporte, de maneira que esta esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar os caminhões. A velocidade da acabadora deve estar entre 2,5 e 10,0 m/min.

Quando for utilizado o prolongamento da mesa, devem ser instaladas as respectivas extensões da “rosca sem fim”, de modo que o término dela fique situado a aproximadamente 20,0 cm antes da lateral da mesa deslizante, de forma a evitar segregação.

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.

5.7 Compactação da Mistura

A compactação tem início logo após a distribuição da mistura. A fixação da temperatura de compactação condiciona-se à natureza da massa, às características do equipamento utilizado e ao tipo de ligante asfáltico. Como norma geral, deve-se iniciar a compactação na temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa fixada experimentalmente em cada caso, considerando-se o intervalo de trabalhabilidade da mistura e tomando-se a devida precaução quanto a distância de transporte, condições do meio ambiente e equipamento de compactação.

A prática mais frequente de compactação de misturas asfálticas densas usinadas a quente contempla o emprego combinado de rolos pneumáticos de pressão regulável e rolo metálico liso tipo tandem, de acordo com as seguintes premissas:

a) inicia-se a rolagem com uma passada com rolo liso;

b) logo após, a passada com rolo liso, inicia-se a rolagem com uma passada do rolo pneumático atuando com baixa pressão;

c) à medida que a mistura for sendo compactada e houver consequente crescimento de sua resistência, seguem-se coberturas com o rolo pneumático, com incremento gradual da pressão;

d) o acabamento da superfície e correção das marcas dos pneus deve ser feito com o rolo tipo tandem, ou vibratório sem vibrar;

e) a compactação deve ser iniciada pelas bordas, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista;

f) cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte, em 1/3 da largura do rolo;

g) durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente;

h) a compactação deve prosseguir até que se atinja o grau compactação exigido;

i) as rodas dos rolos devem ser ligeiramente umedecidas para evitar a aderência da mistura; nos rolos pneumáticos, devem ser utilizados os mesmos produtos indicados para a caçamba dos caminhões transportadores; nos rolos metálicos lisos, se for utilizada água, esta deve ser pulverizada, não se permitido que escorra pelo tambor e acumule-se na superfície da camada.

A compactação através do emprego de rolo liso vibratório, quando necessário, deve ser testada experimentalmente na obra, de forma a permitir a definição dos parâmetros mais apropriados à sua aplicação, como o número de coberturas, frequência e amplitude das vibrações. As condições de compactação exigidas da mistura permanecem inalteradas.

5.8 Juntas

O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deve assegurar adequadas condições de acabamento, de modo que não sejam percebidas irregularidades das emendas.

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.

Em rodovias de pista dupla é recomendado o uso de duas vibro-acabadoras, de modo que os panos adjacentes sejam executados simultaneamente, tanto nas faixas da pista quanto para o acostamento.

Em rodovias em operação, devem ser evitados degraus longitudinais muito extensos, permitindo-se no máximo a extensão resultante de uma jornada de trabalho. Na jornada de trabalho seguinte, a aplicação da massa asfáltica deve sempre começar no início do degrau remanescente da jornada de trabalho anterior.

No reinício dos trabalhos, deve-se realizar a compactação da emenda com o rolo perpendicular ao eixo, com 1/3 do rolo sobre o pano já compactado e os outros 2/3 sobre a massa recém aplicada.

5.9 Abertura ao Tráfego

A camada de areia-asfalto a quente recém acabada deve ser liberada ao tráfego somente quando a massa atingir a temperatura ambiente.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Cimento Asfáltico

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

a) um ensaio de penetração a 25º C, conforme NBR 6576 (6);
b) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560(8);
c) um ensaio de viscosidade de Saybolt-Furol, conforme NBR 14950(5) ou *Brookfield*, conforme NBR 15184(14);
d) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341(7);

Para cada 100 t:

a) um índice de susceptibilidade térmica, determinado pelos ensaios NBR 6576(6) e NBR 6560(8);
b) um ensaio de viscosidade *Saybolt-Furol* a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura, em no mínimo três pontos, conforme NBR 14950(5).

Para todo carregamento de cimento asfáltico, com ou sem polímero, que chegar à obra deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada para possíveis ensaios posteriores

6.1.2 Agregados

Devem ser executadas as seguintes determinações nos agregados:

a) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052(1): 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material;

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) a adesividade do agregado miúdo ao ligante asfáltico, conforme NBR 12584[3]: 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.

6.1.3 Melhorador de Adesividade

Quando a adesividade não for satisfatória e o melhorador de adesividade for incorporado na mistura, deve ser verificada a adesividade do agregado miúdo, conforme NBR 12584[3].

6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica

6.2.1 Temperaturas

O controle da temperatura da produção da mistura deve ser realizado de acordo com os seguintes procedimentos:

a) temperatura dos agregados nos silos quentes: 2 determinações de cada silo, por jornada de 8 h de trabalho;

b) temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador: 2 determinações por jornada de 8 h de trabalho;

c) temperatura da massa asfáltica, na saída dos caminhões carregados na usina: em todo caminhão.

6.2.2 Granulometria dos Agregados

Devem ser executadas as seguintes análises granulométricas dos agregados, durante a produção da mistura:

a) granulometria do agregado de cada silo: 2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054[9];

b) granulometria do material de enchimento, filer: 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho, conforme NBR 17054[9];

c) se indicado a adição de filer no projeto da mistura, deve-se realizar inspeção rigorosa da quantidade do filer adicionado.

6.2.3 Teor de Ligante, Granulometria da Mistura e Parâmetros Marshall e Verificação da Pesagem dos Materiais

Deverão ser coletadas amostras na saída da acabadora, com o auxílio de uma chapa, para que a amostra não seja contaminada pela emulsão asfáltica da pintura de ligação.

Devem ser executados os seguintes ensaios para controle da quantidade de ligante, granulometria da mistura e verificação dos parâmetros Marshall:

a) extração de asfalto, preferencialmente conforme o método de ensaio ME-DE-P00/011[10]; 2 extrações por jornada de 8 h de trabalho;

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) granulometria da mistura com material resultante das extrações de ligante, quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo 2 ensaios conforme NBR 17054[9] por jornada de 8 h de trabalho;

c) acompanhamento das pesagens dos agregados, filer, durante toda a produção.

6.3 Controle da Execução

O controle da aplicação da mistura asfáltica deve ser efetuado através dos controles de pista descritos em seguida.

6.3.1 Temperaturas

Devem ser executadas as seguintes leituras de temperaturas da massa asfáltica na pista:

a) temperatura da massa asfáltica em cada caminhão que chegar à pista;

b) temperatura da massa asfáltica no momento do espalhamento e no início da compactação, a cada descarga efetuada.

6.3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura

Devem ser executadas as seguintes determinações em amostras colhidas na pista imediatamente após a passagem da acabadora:

a) extração de asfalto, conforme ME-DE-P00/011[10], 2 extrações por jornada de 8 h de trabalho;

b) análise granulométrica da mistura de agregados, com material resultante das extrações, de no mínimo 1.000 g, conforme NBR 17054[9]: 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

6.3.3 Controle da Compactação

A cada 700 m de faixa de rolamento de camada compactada, deve ser obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa, em local aproximadamente correspondente à trilha de roda externa. De cada amostra extraída com sonda rotativa deve ser determinada a respectiva densidade aparente, conforme DNIT 428/2022 ME[11].

6.3.4 Destinação

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

6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

O controle geométrico deve ser feito por acompanhamento topográfico, obedecendo a metodologia indicada pelo DER/SP e satisfazer os parâmetros recomendados.

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.

6.4.1 Controle de Espessura

A espessura da camada de areia-asfalto a quente pode ser avaliada em corpos-de-prova extraídos com sonda rotativa ou pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m.

Os nivelamentos devem ser executados antes da execução da camada e após sua conclusão.

Para camadas de rolamento ou ligação, devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e em dois pontos intermediários e, para as camadas de regularização, no eixo, bordas e trilhas de roda.

6.4.2 Controle da Largura e Alinhamentos

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

Devem ser executados os seguintes procedimentos para controle de acabamento da superfície:

a) durante a execução deve ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3 m e outra de 1,2 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada;

b) o acabamento longitudinal, para pavimentos novos, será avaliado pela irregularidade longitudinal da superfície, em cada faixa de tráfego.A irregularidade da superfície deve ser verificada por aparelhos adequados conforme indicado na IP-DE-P00/001[(12)] e o IRI (*InternationalRoughess Index*) será determinado para cada trecho de 200 m ou nos locais indicados pela fiscalização.

6.5 Condições de Segurança

As condições de segurança são determinadas pela macrotextura do revestimento asfáltico, através de ensaios de mancha de areia, conforme NBR 16504[(15)], espaçados a cada 100 m.

6.6 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada 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*, de acordo com DNER PRO 273[(17)].

7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, da mistura asfáltica, de produção e execução, estabelecidas nesta especificação e discriminadas a seguir.

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.

7.1 Materiais

7.1.1 Cimento Asfáltico

O cimento asfáltico utilizado é aceito se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.1, atendam ao especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

7.1.2 Agregados e Filer

Os agregados são aceitos desde que:

a) os resultados de equivalente areia do agregado miúdo sejam superiores a 55%;

b) o material de enchimento atenda ao estabelecido no item 3.2.2.

7.1.3 Melhorador de adesividade

Os aditivos melhoradores de adesividade, quando utilizados, são aceitos desde que os resultados individuais do ensaio NBR 12584[(3)] produzam “adesividade satisfatória”.

7.2 Produção

7.2.1 Temperaturas

As temperaturas medidas durante a produção a mistura asfáltica são aceitas se:

a) as temperaturas individuais, medidas na linha de alimentação do cimento asfáltico, efetuadas ao longo do dia de produção, encontrarem-se situadas na faixa desejável, definida em função da curva viscosidade x temperatura do ligante empregado; variações constantes ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção, para que sejam executados os necessários ajustes;

b) as temperaturas individuais dos agregados nos silos quentes e do cimento asfáltico estejam dentro da faixa de temperatura definidas na dosagem; obrigatoriamente devem ser:

- inferiores a 177 °C, pois temperaturas superiores implicam rejeição da mistura produzida;
- superiores a 120 °C para os cimentos asfálticos e dentro da faixa de viscosidade determinada no projeto de mistura asfáltica.

c) as temperaturas medidas na saída dos caminhões da usina, devem situar-se em uma faixa suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor, e chegar à obra com temperatura compatível para sua aplicação, podendo variar entre ± 5 °C da especificada pelo projeto de mistura.

A massa asfáltica chegada à pista será aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:

a) a temperatura medida no caminhão imediatamente antes da aplicação variar somente entre ± 5 °C da indicada para início da compactação;

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) a temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propiciar condições adequadas de compactação, isto é, esteja dentro da faixa de tolerância para variação da temperatura que permitam atingir o grau de compactação exigido nesta especificação.

7.2.2 Pesos de Agregados e do Filer

A variação individual admitida para variação dos pesos dos agregados e do filer é de ± 0,5 percentual do definido no projeto da mistura.

7.2.3 Mistura Asfáltica

7.2.3.1 Granulometria dos Agregados e da Mistura

Os resultados da granulometria dos agregados e da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, devem apresentar variação máxima definida pela faixa de trabalho correspondente.

7.2.3.2 Quantidade de Ligante

Os teores de ligante devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, por meio do controle bilateral, de acordo com o anexo B. A tolerância admitida para variação do teor é de ± 0,2 pontos percentuais do teor ótimo de ligante do projeto da mistura, respeitando os limites mínimos e máximos da Tabela 2.

7.3 Execução

7.3.1 Compactação

O grau de compactação de cada segmento avaliado é obtido através do cálculo do valor estatístico de mínimo 4 amostras. O grau de compactação individual é determinado através da seguinte equação:

$$GC = \frac{100 \times d_{pista}}{G_{mm}}$$

Sendo:

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

G_{mm} = densidade máxima medida (Rice) da amostra coletada da vibro-acabadora;

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

7.3.2 Geometria

Os serviços são aceitos quanto a geometria desde que:

a) a semi-largura da plataforma, não são admitidos valores inferiores aos previstos para a camada; os desvios verificados dos alinhamentos não devem exceder + 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) a espessura da camada acabada:

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

- não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de ± 10% em relação à espessura prevista em projeto.

c) as eventuais regiões em que se constate deficiência de espessura, serão objetos de amostragem complementar por meio das novas extrações de corpos de prova com sonda rotativa; as áreas deficientes, devidamente delimitadas, devem ser reforçadas às expensas da executante e de acordo com orientação da fiscalização.

7.3.3 Acabamento

O serviço é aceito, sob o ponto de vista de acabamento, desde que atendidas as seguintes condições:

a) o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, não deve possuir variação da superfície entre dois pontos quaisquer de contato superior a 0,5 cm, quando verificada com qualquer uma das réguas;

b) as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências;

c) a superfície deve apresentar-se desempenada; não devem ocorrer marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações decorrentes de variações na carga da vibro-acabadora;

d) para pavimentos novos a irregularidade longitudinal da superfície em cada faixa de tráfego deve apresentar IRI conforme indicado na IP-DE-P00/001[(12)];

e) se os valores de IRI forem superiores aos especificados no projeto executivo de pavimentação, os trechos devem ser corrigidos e novamente avaliados; onde forem feitas correções, a executante deve restabelecer as condições de rolamento e garantir a uniformidade em relação ao trecho contíguo não corrigido; os trabalhos corretivos devem estar completos antes da determinação da espessura da camada acabada e todos devem ser feitos às expensas da executante.

7.3.4 Condições de Segurança e Deflexões

A altura da areia determinada no ensaio de mancha de areia deve apresentar-se no intervalo de 0,6 mm a 1,2 mm, caracterizando uma classe de textura superficial de média a grossa.

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para no mínimo 15 determinações, deve se 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.

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 da camada de areia asfalto a quente.

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 deve 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;

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 Cimento Asfáltico

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.

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.

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 filer;
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 4 a seguir:

Tabela 4 – 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 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

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.

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;

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;

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.

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 é em metros cúbicos de camada acabada, cujo 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 o respectivo preço unitário contratual, no qual está incluso: o fornecimento de materiais posto usina, inclusive filer e melhorador de adesividade, 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, BDI, e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.09.04 – Areia-asfalto a quente, graduação I	m³
23.09.05 – Areia-asfalto a quente, graduação II	m³

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER EM 367**. Material de enchimento para misturas betuminosas. Rio de Janeiro, 1997.

3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12584**. Agregado miúdo – verificação da adesividade ao ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

4 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 043.** Misturas betuminosas a quente – Ensaio Marshall. Rio de Janeiro, 1995.

5 ____. **NBR 14950**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade *Saybolt-Furol*. Rio de Janeiro, 2003.

6 ____. **NBR 6576**. Materiais asfálticos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

7 ____. **NBR 11341**. Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Rio de Janeiro, 2015.

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.

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

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

10 DER/SP **ME-DE-P00/011.** Determinação do teor de asfalto por meio do forno NCAT (Igition Method). São Paulo, 2021.

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

12 ____. **IP-DE-P00/001**. Projeto de Pavimentação. São Paulo, 2021.

13 ____. **NBR 6293**. Ligantes asfálticos – Determinação da ductilidade. Rio de Janeiro, 2015.

14 ____. **NBR 15184**. Materiais betuminosos — Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2021.

15 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16504**. Misturas asfálticas - Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria - Método da mancha de areia. Rio de Janeiro, 2016.

16 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **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 14855**. Ligantes asfálticos - Determinação da solubilidade em tricloroetileno. Rio de Janeiro, 2015.

19 ____. **ASTM D 2872**. Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving Film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test). Pennsylvania, 2022.

_____

/ANEXO A

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 Cimento Asfáltico				
Penetração (100 g, 5 s, 25 ºC)	NBR 6576(6)	1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra	Valores individuais	Atender o especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.
Viscosidade de Saybolt-Furol	NBR 14950(5)		Valores individuais	
Ponto de Fulgor	NBR 11341(7)		Valores individuais	
Formação de Espuma	Aquecido a 175 ºC		Valores individuais	
Índice de Susceptibilidade Térmica	NBR 6576(6) NBR 6560(8)	1 ensaio para cada 100 t	Valores individuais	
Viscosidade Saybolt-Furol a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura	NBR 14950(5)		Valores individuais	
1.2 Agregado				
Equivalente de areia do agregado miúdo	NBR 12052(1)	1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do agregado	Resultados individuais	≥ 55%
Adesividade ao ligante asfáltico	NBR 12584(3)	1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material		Adesividade satisfatória Quando a adesividade for insatisfatória, empregar melhorador de adesividade
1.3 Melhorador de Adesividade				
Verificação da adesividade	NBR 12584(3)	1 ensaio após o emprego do melhorador de adesividade	Resultados individuais	Adesividade satisfatória

/continua

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 DA MISTURA ASFÁLTICA				
2.1 Temperaturas				
Temperatura nos silos quentes	Termômetro bimetálico com precisão de 2ºC	2 determinações de cada silo por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	Deve ser de 5 a 10°C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 177°C
Temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador		2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Resultados individuais	Temperatura dentro da faixa de viscosidade definida pelo projeto, sempre superior a 120 ºC e inferior a 177 ºC
Temperatura da massa asfáltica, na saída da usina	Termômetro bimetálico com precisão de 5ºC	Determinação de todo caminhão carregado na saída da usina	Resultados individuais	Suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor, e chegar à obra com temperatura compatível para sua aplicação, podendo variar entre ± 5 °C da especificada no projeto da mistura
Variações constantes ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção, para que sejam executados os necessários ajustes.				

/continua

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
2.2 Granulometria dos Agregados				
Granulometria do agregado de cada silo	NBR 17054[9]	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
2.3 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante	ME-DE-P00/011 [10]	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina Quando houver indícios de falta ou excesso 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	± 0,2% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054[9]	Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho		Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 2

/continua

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
2.4 Características Marshall e Propriedades Volumétricas				
Estabilidade Marshall, KN (75 golpes no Ensaio Marshall)	DNER ME 043[4]	2 determinações por jornada de 8 h de trabalho	Controle Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	> 3
Fluência Marshall, mm			Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	2,0 a 4,5
Volume de vazios - Vv				(3 a 8) %
Relação de Betume Vazios - RBV				(65 a 82) %
Acompanhamento das pesagens dos agregados e do filer	Visual	Durante toda a produção	Resultados individuais	± 0,5 do definido no projeto da mistura
3. CONTROLE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA				
3.1 Temperaturas				
Temperatura da massa ao chegar na pista, medida imediatamente antes de aplicação	Termômetro bimetálico com precisão de 5ºC	De todo caminhão carregado que chegar à pista	Resultados individuais	Pode variar ± 5 °C da indicada para início da rolagem
Temperatura da massa asfáltica, no momento do espalhamento e no início da compactação		De cada descarga efetuada	Resultados individuais	Dentro da faixa de tolerância para compactação da massa asfáltica

/continua

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
3.2 Quantidade de Ligante e Granulometria da Mistura				
Extração de ligante	ME-DE-P00/011 (10)	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	± 0,2% do teor ótimo de projeto
Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g)	NBR 17054(9)	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
3.3 Compactação				
Extração de amostra indeformada	Extração com sonda rotativa	A cada 700 m^2 de faixa de rolamento compactada	-	-
Determinar a densidade aparente do corpo de prova de cada corpo de prova extraído e correspondente e o grau de compactação	DNIT 428/2022 ME(11)		Cálculo Estatístico $GC = \frac{100 \times d_{pista}}{G_{mm}}$	O grau de compactação é aceito se: o valor estatístico for GC_2 ≥ 92% e < 97%.

/continua

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
4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
4.1 Geométrico				
Determinação da espessura através dos corpos-de-prova extraídos	Medidas com paquímetro	A cada 1000 m^2 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	± 5% da espessura de projeto E não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação da espessura de projeto
Determinação da espessura	Relocação e nivelamento topográfico	A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários	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	± 5% da espessura de projeto E não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação da espessura de projeto
Nivelamento de camada de regularização		A cada 20 m, no eixo, bordas e trilhas de roda		
Largura da plataforma	Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados individuais	≥ largura de projeto
Desvios dos alinhamentos	Medidas de trena	A cada 20 m	Resultados individuais	+ 5 cm

/continua

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
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
Irregularidade longitudinal, para camada de rolamento dos pavimentos novos	IP-DE-P00/001 (12)	Em cada faixa de rolamento, determinado a cada trecho de 200 m, ou nos locais indicados pela fiscalização	Resultados individuais	Conforme projeto
De modo geral as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências. A superfície deve apresentar-se desempenada, não deve conter marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações.				
5. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA				
Determinar a macrotextura, para camadas de rolamento	NBR 16504(15)	Uma determinação a cada 100 m	Resultados individuais	Altura da areia situada entre 0,6 mm e 1,2 mm
6. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	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; A cada 80 m determinar D_{25}	Controle Unilateral $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 amostras	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser a estabelecida em projeto

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 4- Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
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	K1	N	K	K1	N	K	K1
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 – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO

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.

Características	Unidades	Limites				Métodos	
		CAP 30-45	CAP 50-70	CAP 85-100	CAP 150-200	ABNT	ASTM
Penetração (100g, 5s, 25ºC)	0,1 mm	30-45	50-70	85-100	150-200	NBR 6576(6)	-
Ponto de amolecimento, mín.	ºC	52	46	43	37	NBR 6560(8)	-
Viscosidade Saybolt-Furol	s					NBR 14950(5)	-
- A 135 ºC, mín.		192	141	110	80		-
- A 150 ºC, mín.		90	50	43	36		-
- A 177 ºC, mín		40-150	30-150	15-60	15-60		-
Viscosidade Brookfield	cP					NBR 15184(14)	-
- A 135 ºC, SP 21 mín. 20 rpm		374	274	214	155		-
- A 150 ºC, SP 21 mín.		203	112	97	81		-
- A 177 ºC, SP 21 mín.		76-285	57-285	28-114	28-114		-
Índice de susceptibilidade térmica[1]		(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)	(-1,5) a (+0,7)		-
Ponto de fulgor, min.	ºC	235	235	235	235	NBR 11341(7)	-
Solubilidade em tricloroetileno, min.	% massa	99,5	99,5	99,5	99,5	NBR 14855(18)	-
Ductilidade a 25ºC, min.	cm	60	60	100	100	NBR 6293(13)	-
Efeito do calor e do ar (RTFOT) a 163ºC, 85 min							
- Variação em massa[2], máx..	%	0,5	0,5	0,5	0,5	-	D 2872(19)
- Ductilidade a 25ºC, min	cm	10	20	50	50	NBR 6293(13)	-
- Aumento do ponto de amolecimento, máx.	ºC	8	8	8	8	NBR 6560(8)	-
- Penetração retida[3], min.	%	60	55	55	50	NBR 6576(6)	-

Observações:

[1] Índice de Susceptibilidade Térmica $= \dfrac{(500)\,(\log PEN) + (20)\,(T^{o}C) - 1951}{120 - (50)\log PEN) + (T^{o}C)}$

onde: (TºC) = ponto de amolecimento; PEN = penetração a 25ºC, 100 g, 5 segs.

[2] A variação em massa (%) é definida como: $AM = \dfrac{M_{inicial} - M_{final}}{M_{final}} x100$

onde: $M_{inicial}$ = massa antes do ensaio RTFOT; M_{final} = massa após o ensaio RTFOT

[3] A penetração retida é definida como: $PEN\ retida = \dfrac{PEN_{final}}{PEN_{inicial}} x100$

onde: $PEN_{inicial}$ = penetração antes do ensaio RTFOT; PEN_{final} = penetração após o ensaio RTFOT

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.