



**Departamento de
Estradas de Rodagem
do Estado do Paraná -
DER/PR**

Avenida Iguaçú 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
www.der.pr.gov.br

DER/PR ES-P 28/18

PAVIMENTAÇÃO: CONCRETO ASFÁLTICO USINADO À QUENTE COM ASFALTO BORRACHA, TIPO TERMINAL BLENDING

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor em 27/03/2018
Deliberação n.º 060/2018
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavras-chave: asfalto borracha, concreto
asfáltico

22 páginas

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de camada de pavimento através da confecção de concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para a aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01.

SUMÁRIO

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento dos serviços em epígrafe, tendo como base a especificação DER/PR ES-P 28/05.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na produção e aplicação de misturas asfálticas densas e contínuas, com cimento asfáltico modificado pela incorporação de borracha moída de pneus, com o objetivo de construir, reforçar, rejuvenescer ou conservar pavimentos.

2 REFERÊNCIAS

- AASHTO T-209 - Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures (Ensaio Rice);
- AASHTO T-324-11 - Hamburg Wheel-Track Testing of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA)
- ABNT-NBR 14329 - Determinação expedita da resistência à água (adesividade) sobre agregados graúdos;
- ABNT-NBR 15617 - Determinação do dano por umidade induzida;
- ANP - Cimentos asfálticos de petróleo modificados por borracha moída de pneus – Resolução nº 39/08;
- ASTM-D 2172 - Quantitative Extraction of Betumen From Bituminous Paving Mixtures – Método B;
- ASTM E-303 - Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester;
- ASTM E-965 - Measuring Pavement Macrotecture Depth Using a Volumetric Technique;
- DNER-ME 024 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga *Benkelman*;
- DNER-ME 035 - Agregados – determinação da abrasão Los Angeles;
- DNER-ME 043 - Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall;
- DNER-ME 053 - Misturas betuminosas – percentagem de betume;
- DNER-ME 054 - Equivalente de areia;
- DNER-ME 083 - Agregados – análise granulométrica;
- DNER-ME 089 - Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- DNER-ME 117 - Mistura betuminosa – determinação da densidade aparente;
- DNER-PRO 164 - Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade de superfície do pavimento (Sistemas Integradores - IPR/USP e Maysmeter);
- DNER-PRO 182 - Medição de irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores - IPR/USP e Maysmeter;
- DNER-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;

- DNIT 011-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias;
- DNIT 136-ME - Misturas betuminosas – determinação da resistência a tração por compressão diametral;
- DNIT - Manual de Pavimentação
- Manual de Execução de Serviços Rodoviários – DER/PR;
- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR;
- NF P-98-253 Norme Française - Déformation permanente des mélanges hydrocarbonés;
- Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR.

3 DEFINIÇÃO

3.1 Concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha (CAUQB) é a mistura executada a quente em usina apropriada, composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filler) e ligante asfáltico modificado com adição de pó de borracha de pneumáticos, espalhada e compactada a quente.

3.2 De acordo com o tipo e função na estrutura, a mistura de concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha deve atender as características especiais em sua formulação, recebendo geralmente as seguintes designações:

- a) Camada de rolamento ou simplesmente "capa asfáltica": camada superior da estrutura destinada a receber diretamente a ação do tráfego. A mistura empregada deve apresentar estabilidade e flexibilidade compatíveis com o funcionamento elástico da estrutura e condições de rugosidade que proporcionem segurança ao tráfego, mesmo sob condições climáticas e geométricas adversas.
- b) Camada de ligação ou "binder": camada posicionada imediatamente abaixo da "capa". Apresenta, em relação à mistura utilizada para camada de rolamento, diferenças de comportamento, decorrentes do emprego de agregado de maior diâmetro máximo, existência de maior percentagem de vazios, menor consumo de "filler" (quando previsto) e de ligante.
- c) Camada de nivelamento ou "reperfilagem": camada de massa asfáltica de graduação fina, com a função de corrigir irregularidades superficiais de um antigo revestimento e, simultaneamente, promover a selagem de fissuras existentes.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 O concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha pode ser empregado como revestimento, camada de ligação (binder), regularização ou reforço e na recuperação ou recomposição superficial de pavimento.

4.2 Não é permitida a execução dos serviços com concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha:

- a) sem o preparo prévio da superfície, limpeza e reparação preliminar;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias do DER/PR;
- c) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- d) sem a aceitação do DER/PR, do projeto de dosagem da mistura asfáltica;
- e) quando a temperatura ambiente for igual ou inferior a 10°C;
- f) em dias de chuva.

4.3 Todo carregamento de ligante betuminoso, com incorporação de borracha por via úmida, que chegar à obra, deve apresentar o Certificado de Qualidade (Ensaio) correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da procedência, tipo, quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a fonte de produção e o canteiro de serviço.

5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais

5.1.1 Todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

5.1.2 Material Asfáltico

5.1.2.1 O material a ser empregado é o cimento asfáltico de petróleo modificado por borracha moída de pneus, tipo terminal blending, atendendo a Resolução ANP nº 39/2008. O emprego de outros tipos de cimentos asfálticos que venham a ser produzidos e especificados no país pode ser admitido, desde que tecnicamente justificado e sob a devida aprovação do DER/PR.

5.1.3 Agregados

5.1.3.1 O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo aos seguintes requisitos:

- a) quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 89), devem apresentar perdas inferiores a 12%;
- b) a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35) não deve ser superior a 50%.

- c) a percentagem de grãos de forma defeituosa, determinada no ensaio de lamelaridade descrito no Manual de Execução do DER/PR, não pode ultrapassar a 25%;
- d) no caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada pela britagem.

5.1.3.2 O agregado miúdo deve ser constituído por areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Devem ser atendidos, ainda, os seguintes requisitos:

- a) as perdas no ensaio de durabilidade (DNER-ME 89), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, devem ser inferiores a 15%;
- b) o equivalente de areia (DNER-ME 54) de cada fração componente do agregado miúdo (pó-de-pedra e/ou areia) deve ser igual ou superior a 55%;
- c) é vedado o emprego de areia proveniente de depósitos em barrancas de rios.

5.1.3.3 O material de enchimento (“filler”), quando necessário, deve estar seco e isento de grumos para ser aplicado, e deve ser constituído necessariamente por cal hidratada tipo CH-I, atendendo a seguinte granulometria (DNER-ME 083):

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando em peso
ABNT	Abertura, mm	
n.º 40	0,42	100
n.º 80	0,18	95 – 100
n.º 200	0,074	65 - 100

5.1.4 Melhorador de adesividade

5.1.4.1 O uso recomendado de cal hidratada tipo CH-I, como material de enchimento, deve suprimir a necessidade de incorporação de aditivo melhorador de adesividade (dope) ao ligante betuminoso. O DER/PR pode aceitar o uso de dope incorporado ao ligante, como alternativa ao emprego da cal hidratada. De qualquer forma o bom desempenho da mistura, quanto a adesividade, deverá ser comprovado através do ensaio de danos por umidade induzida (NBR 15617), com razão de resistência à tração por compressão diametral superior a 0,7.

5.1.4.2 É admitida a adição da cal na mistura de agregados, somente antes do secador da usina.

5.2 Composição da mistura

5.2.1 A composição da mistura deve satisfazer aos requisitos do quadro apresentado a seguir e ao percentual do ligante betuminoso determinado no projeto:

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando, em peso					
ABNT	Abertura, mm	Faixa A	Faixa B	Faixa C	Faixa D	Faixa E	Faixa F
1 ½"	38,10	100	100	-	-	-	-
1"	25,40	95-100	90-100	100	-	-	-
¾"	19,10	80-100	-	90-100	100	100	-
½"	12,70	-	56-80	-	80-100	90-100	-
⅜"	9,50	45-80	-	56-80	70-90	75-90	100
n.º 4	4,80	28-60	29-59	35-65	50-70	45-65	75-100
n.º 10	2,00	20-45	18-42	22-46	33-48	25-35	50-90
n.º 40	0,42	10-32	8-22	8-24	15-25	8-17	20-50
n.º 80	0,18	8-20	-	-	8-17	5-13	7-28
n.º 200	0,074	3-8	1-7	2-8	4-10	2-10	3-10
Utilização como		Ligação		Rolamento			Reperfilagem
Varição do teor de projeto		4,5 – 6,5		5,0 – 7,5			5,5 – 8,0
Espessura máx. cm		6,0		5,0			3,0

NOTA. Outras faixas granulométricas, poderão ser utilizadas, inclusive faixas descontínuas, desde que devidamente justificadas pelo projeto e aprovadas pelo DER/PR.

5.2.1.1 A faixa utilizada deve ser aquela cujo diâmetro máximo é inferior a $\frac{2}{3}$ da espessura da camada asfáltica.

5.2.1.2 No projeto de curva granulométrica para camada de revestimento, deve ser considerada a segurança do usuário, atendendo os padrões de aderência contidos nesta especificação.

5.2.1.3 Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4% do total.

5.2.2 Dosagem e características da mistura

5.2.2.1 Deve ser adotado o ensaio Marshall na dosagem de misturas betuminosas (DNER-ME 043), para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, complementado com o ensaio de resistência à tração por compressão diametral, a 25°C (DNIT 136-ME), atendendo-se aos seguintes valores:

Ensaio	Característica	Camada de rolamento	Camada de ligação
DNER-ME 043	Percentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
DNER-ME 043	Relação betume/vazios	70 – 82	65 - 75
DNER-ME 043	Estabilidade, mínima	850kgf	700kgf
DNER-ME 043	Fluência, mm	2,0 – 4,0	2,5 – 3,5
DNIT 136-ME	Resistência à tração por compressão diametral a 25°C, MPa	0,80 (mínima)	0,65 (mínima)
-	Relação finos/betume	0,8 – 1,6	0,6 – 1,6

5.2.2.2 As condições de vazios da mistura na fase de dosagem devem ser verificadas a partir da determinação da Densidade Máxima da Mistura Betuminosa pelo método de Rice (AASHTO T 209).

5.2.2.3 Os vazios do agregado mineral (%VAM), definidos em função do tamanho máximo nominal (TMN) do agregado empregado, devem atender aos seguintes valores mínimos:

Tamanho Máximo Nominal *		% VAM, mínimo	
ABNT	mm	Vazios 4 %	Vazios 5 %
1 ½"	38,1	11	12
1"	25,4	12	13
¾"	19,1	13	14
½"	12,7	14	15
⅜"	9,5	15	16

* **TMN** – É a malha acima daquela que primeiro retém mais do que 10 % do material.

5.2.2.1 No caso de estar previsto no projeto solicitação para tráfego superior a 1×10^7 operações do eixo-padrão de 8,2 tf (critério USACE), o traço da mistura betuminosa utilizada deve ser verificado à deformação permanente com o equipamento "Orniéreur" do LCPC. ou segundo AASHTO T 324-11 (Hamburg Wheel-Track Testing). O afundamento admissível deve ser definido em projeto em função da mistura adotada.

5.3 Equipamentos

5.3.1 Todo o equipamento, antes do início da execução da obra, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para o início da execução dos serviços.

5.3.2 Depósitos para cimento asfáltico modificado por adição de borracha de pneu:

5.3.2.1 Os depósitos para o cimento asfáltico modificado por adição de borracha de pneu devem possuir capacidade adequada e dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação. Estes dispositivos devem também evitar qualquer superaquecimento localizado. Devem possuir agitadores mecânicos e sistema de recirculação para garantir a circulação desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador durante todo o período de operação.

5.3.3 Depósitos para agregados (silos)

5.3.3.1 Os silos devem ser divididos em compartimentos, em número adequado a quantidade de agregados utilizados na dosagem, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações dos agregados.

5.3.3.2 Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga, passíveis de regulação.

5.3.3.3 O sistema de alimentação deve ser sincronizado, de forma a assegurar a adequada proporção dos agregados frios e a constância da alimentação.

5.3.3.4 O material de enchimento ("filler") é armazenado em silo apropriado, conjugado com dispositivos que permitam a sua dosagem.

5.3.3.5 Em conjunto, a capacidade de armazenamento dos silos deve ser, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador.

5.3.3.6 Com relação às condições de armazenamento do material de enchimento ("filler"), reportar-se ao Manual de Execução.

5.3.4 Usinas para misturas asfálticas

5.3.4.1 A usina deve ter condições de produzir misturas asfálticas uniformes, devendo estar totalmente revisada e aferida em todos os seus aspectos antes do início da produção.

A) Preferencialmente, são empregadas usinas gravimétricas

5.3.4.2 A usina empregada deve ser equipada com unidade classificadora de agregados após o secador para distribuição do material para os silos quentes.

5.3.4.3 As balanças utilizadas nas usinas gravimétricas para pesagem de agregados e para a pesagem do ligante asfáltico devem apresentar precisão de 0,5% quando aferidas com pesos - padrão.

5.3.4.4 O sistema de coleta do pó deve ser comprovadamente eficiente para minimizar os impactos ambientais. O material fino coletado deve ser devolvido, no todo ou em parte, ao misturador.

5.3.4.5 O misturador deve ser do tipo "pugmill" com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, devendo possuir dispositivo de descarga de fundo ajustável e controlador do ciclo completo da mistura.

5.3.4.6 A usina deve ser equipada com os seguintes sistemas de controle de temperatura:

- um termômetro com escala em "dial", pirômetro elétrico ou outros instrumentos termométricos adequados, instalados na descarga do secador e em cada silo quente para registrar a temperatura dos agregados;
- um termômetro com proteção metálica e graduação de 90° a 210°C instalado na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga no misturador.

B) Pode ser utilizada, quando autorizado pelo DER/PR, usinas do tipo Fluxo Contínuo, atendendo as características mínimas a seguir:

- Usinas com secador contrafluxo,
- Um silo para cada material,
- Dosador de filler,
- Alimentação de agregados com velocidade variável,
- Sistema de controle de dosagem, preferencialmente automatizado e sincronizado que permita aumentar ou diminuir a velocidade sem alterar as proporções,
- Balança para agregados,
- Alarme para falta de fluxo de material,
- Misturador externo rotativo ou pug-mill,
- Controle de temperatura.

5.3.4.7 Especial atenção deve ser dada à segurança dos operadores da usina, particularmente no que tange a eficácia dos corrimões das plataformas e escadas, à proteção de peças móveis e a área de circulação dos equipamentos de alimentação de silos e transporte da mistura.

5.3.5 Caminhão para transporte da mistura

5.3.5.1 O transporte da mistura asfáltica deve ser efetuado através de caminhão basculante com caçamba metálica.

5.3.6 Equipamento para distribuição

5.3.6.1 A distribuição da mistura asfáltica é normalmente efetuada através de acabadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura ao alinhamento, cotas e abaulamento requeridos.

5.3.6.2 A acabadora deve ser preferencialmente equipada com esteiras metálicas para sua locomoção. O uso de acabadoras de pneus só é admitido se for comprovado que a qualidade do serviço não é afetada por variações na carga acabadora.

5.3.6.3 A acabadora ainda deve possuir:

- 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 a 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.

5.3.6.4 A distribuição da massa asfáltica destinada a camadas de reperfilagem, pode ser executada com motoniveladora, obrigatoriamente com pneus lisos, capaz de espalhar e conformar a mistura, de maneira eficiente e econômica, às deformações do pavimento existente. A borda cortante da lâmina deve ser substituída sempre que se apresentar desgastada ou irregular.

5.3.7 Equipamento para compressão

5.3.7.1 A compressão da mistura asfáltica é efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso tandem, ambos autopropelidos.

5.3.7.2 É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida.

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

5.3.7.4 O emprego de rolos lisos vibratórios pode ser admitido, desde que a frequência e a amplitude de vibração sejam ajustadas às necessidades do serviço, e que sua utilização tenha sido comprovado em serviços similares.

5.3.7.5 Em qualquer caso, os equipamentos utilizados devem ser eficientes no que tange à obtenção das densidades objetivadas, enquanto a mistura se apresentar em condições de temperatura que lhe assegurem adequada trabalhabilidade.

5.3.8 As seguintes ferramentas e equipamentos acessórios são utilizados, complementarmente:

- a) soquetes mecânicos ou placas vibratórias, para a compressão de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais;
- b) pás, garfos, rodos e ancinhos, para operações eventuais.

5.4 Execução

5.4.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.4.2 Para a perfeita execução, bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento “Informações e Recomendações de Ordem Geral”, os procedimentos sobre a execução prévia e obrigatória de segmento experimental a serem obedecidos pela executante e pelo DER/PR.

5.4.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender valores e limites definidos nesta especificação e eventuais indicações particulares definidas em projeto deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pelo DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.4.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental, exclusivamente por condições granulométricas, espessura, tempo de cura e liberação ao tráfego, não há necessidade de remover, mas de promover eventuais ajustes necessários com nova calibração e aplicação de CAUQB sobre a superfície do segmento experimental originalmente executado.

5.4.5 Preparo da superfície

5.4.5.1 A superfície que receber a camada de concreto asfáltico com asfalto borracha deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.

5.4.5.2 Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

5.4.5.3 A pintura de ligação deve apresentar película homogênea e adequadas condições de aderência, para execução do concreto asfáltico com asfalto borracha e se necessário, nova pintura de ligação deve ser aplicada, previamente à distribuição da mistura.

5.4.5.4 No caso de desdobramento da espessura total de concreto asfáltico com asfalto borracha em duas camadas, a pintura de ligação entre essas pode ser dispensada, se a execução da segunda camada for feita logo após à execução da primeira.

5.4.6 Produção do concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha

5.4.6.1 O concreto asfáltico com asfalto borracha deve ser produzido em usina apropriada, calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura, atendendo aos requisitos apresentados no item 5.3.4 desta especificação.

5.4.6.2 A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico modificado com borracha de pneus empregado deve ser, necessariamente, determinada em função da relação temperatura x viscosidade do ligante, definida pelo fabricante.

5.4.6.3 A temperatura limite de aquecimento do ligante asfáltico, deverá ser definida pelo fabricante.

5.4.6.4 A temperatura de aquecimento dos agregados, medida nos silos quentes, deve ser de 10 a 15°C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante.

5.4.6.5 A produção do concreto asfáltico com asfalto borracha e a frota veículos de transporte devem assegurar a operação contínua da vibroacabadora.

5.4.7 Transporte do concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha

5.4.7.1 O caminhão deve ser carregado de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba, a primeira carga na frente, a segunda na traseira e por último no meio.

5.4.7.2 O concreto asfáltico com asfalto borracha produzido é transportado da usina ao local de aplicação, em caminhão basculante atendendo ao especificado no subitem 5.3.5

5.4.7.3 A aderência da mistura às chapas da caçamba é evitada com aspersão prévia de solução de cal (uma parte de cal para três de água), água e sabão, ou produto específico para este fim, que não derivados de petróleo (óleo diesel, querosene, etc.). Em qualquer caso, o excesso de solução deve ser retirado, antes do carregamento da mistura, basculando-se a caçamba.

5.4.7.4 A caçamba do veículo deve ser coberta com lona impermeável durante o transporte, de forma a proteger a massa asfáltica quanto à ação de chuvas ocasionais, eventual contaminação por poeira e, especialmente, perda de temperatura e queda de partículas durante o transporte.

5.4.8 Distribuição da mistura

5.4.8.1 No emprego de concreto asfáltico com asfalto borracha como camada de rolamento ou de ligação, a mistura deve ser distribuída por uma ou mais acabadoras, atendendo aos requisitos anteriormente especificados.

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

5.4.8.3 As irregularidades que aparecerem na superfície da camada acabada, devem ser corrigidas de imediato, com a adição manual de massa e espalhamento efetuado com ancinhos e/ou rodos metálicos. No entanto essa alternativa deve ser minimizada, pois o excesso de reparo manual compromete a qualidade do serviço.

5.4.9 Compressão

5.4.9.1 A compressão da mistura asfáltica com asfalto borracha tem início imediatamente após a sua distribuição.

5.4.9.2 Como norma geral, deve-se iniciar a compressão à temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa fixada experimentalmente em cada caso.

5.4.9.3 A sequência de rolagem e os diferentes tipos de rolos compactadores, devem estar em conformidade com os melhores resultados obtidos no trecho experimental.

5.4.9.4 O número de coberturas de cada equipamento é definido experimentalmente, de forma a se atingir as condições de densidade.

5.4.9.5 As coberturas dos equipamentos de compressão utilizados devem atender às seguintes orientações gerais:

- a) a compressão deve ser executada em faixas longitudinais, sendo sempre iniciada pelo ponto mais baixo da seção transversal, e progredindo no sentido do ponto mais alto;
- b) em cada passada, o equipamento deve recobrir, ao menos, a metade da largura rolada na passada anterior.

5.4.9.6 A espessura máxima de cada camada após compressão, deve ser definida na obra pelo DER/PR, em função das características de trabalhabilidade da mistura e da eficiência do processo de compressão. Para maiores detalhes, consultar o Manual de Execução do DER/PR.

5.4.10 O processo de execução das juntas transversais e longitudinais, deve assegurar adequada condição de acabamento. Para maiores detalhes consultar o Manual de Execução do DER/PR.

5.4.11 A camada de concreto asfáltico modificado com adição de borracha de pneu recém-acabada somente deve ser liberada ao tráfego após o seu completo resfriamento.

6. MANEJO AMBIENTAL

6.1 Os cuidados a serem observados para preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados e o estoque de ligante asfáltico.

6.2 Agregados

6.2.1 Receber a brita e a areia somente com a apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal, cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Registro de Ocorrências da obra.

6.2.2 Exigir a documentação emitida pelo órgão ambiental competente atestando a regularidade das instalações e da operação da pedreira/areal/usina, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

6.2.3 Planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a produção e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

6.2.4 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.

6.2.5 É proibida a utilização de queimadas como forma de desmatamento e limpeza. Para desmatamento é necessário obter a respectiva autorização junto ao órgão ambiental competente.

6.3 Ligante asfáltico

6.3.1 Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água.

6.3.2 Reaproveitar o refugo dos materiais para melhoramento de acessos às pequenas propriedades lindeiras conforme as condições a seguir descritas ou ter disposição final de acordo com a Lei Estadual nº 12.493/99, regulamentada pelo Decreto Estadual nº 6.674/02 e pelas normas e especificações vigentes:

- a) o refugo em sólido (massa) pode ser reaproveitado desde que devidamente espalhado e compactado;
- b) o refugo em estágio líquido pode ser reaproveitado desde que misturado com qualquer agregado, inclusive solo local que permita condição de tráfego, sendo devidamente espalhado e compactado.

6.4 As operações em usinas misturadoras 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 filler;
- d) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

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.

III.	Emissões fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura. São quaisquer lançamento ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.
------	--------------------	--

6.4.1 Em função destes agentes, devem ser obedecidos os princípios a seguir listados.

6.4.1.1 Quanto à instalação

- a) a contratante é responsável pela obtenção da licença de instalação e operação do empreendimento;
- b) a executante é responsável pela obtenção da licença de instalação para canteiro de obra, depósitos e pedreira industrial, quando for o caso;
- c) não permitir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200 m (duzentos metros), medidos a partir da base da chaminé, de residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversão e outras construções comunitárias;
- d) as áreas afetadas pelas operações de construção e execução devem ser recuperadas com a remoção da usina, dos depósitos e a limpeza do canteiro de obras.

6.4.1.2 Quanto à operação

- a) Instalar sistemas de controle de poluição do ar, constituídos por ciclones e filtro de mangas ou de equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos na legislação vigente;
- b) Apresentar junto 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) equipar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento;
- d) enclausurar a correia transportadora de agregado frio adotando procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera;
- e) manter pressão negativa no secador rotativo enquanto a usina estiver em operação, para evitar emissões de partículas na entrada e saída do mesmo.

7. CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante apresentar relatório dos testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta especificação.

7.2 Para controle interno de execução, devem ser feitos ensaios nas quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, serem ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.2.1 A fiscalização poderá a qualquer momento, solicitar acompanhamento de execução de ensaio de confirmação de resultados considerados insatisfatórios.

7.3 Ensaios mínimos necessários para o controle interno de qualidade dos materiais:

7.3.1 Cimento asfáltico de petróleo modificado pela incorporação de borracha granulada de pneu

7.3.1.1 Observar item 4.3 das Condições Gerais

7.3.2 Agregados

Quantidade	Descrição
a) No início da obra e sempre que houver alteração mineralógica na bancada da pedra:	
01	Ensaio de desgaste <i>Los Angeles</i>
01	Ensaio de lamelalidade (ver Manual de Execução DER/PR)
01	Ensaio de durabilidade
01	Ensaio de danos por umidade induzida
b) Para cada 500 t de mistura produzida:	
01	Ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo
01	Ensaio de granulometria do agregado de cada silo
c) Para cada 3000 t de mistura produzida:	
01	Ensaio de granulometria do "filler"

7.3.3 Controle de produção

Quantidade	Descrição
Para cada 200 t de mistura produzida:	
02	Medidas de temperatura dos agregados nos silos quentes, do ligante antes da entrada do misturador e da mistura na saída do misturador

Quantidade	Descrição
Para cada incorporação de dope ao ligante, e sempre que o ligante dopado for armazenado por mais de 5 dias:	
01	Determinação expedita da resistência à água (adesividade)

7.3.4 Controle de execução na pista

Quantidade	Descrição
Espalhamento e compactação:	
02	Temperatura durante o espalhamento e imediatamente antes da compactação
Para cada 200 t de mistura produzida imediatamente após a passagem da acabadora:	
01	Extração do ligante da mistura
01	Granulometria da mistura de agregados resultante da extração de ligante
Para cada 2000 t de mistura produzida imediatamente após a passagem da acabadora:	
01	Densidade Máxima da Mistura Betuminosa (RICE)
Para cada 100 t de mistura aplicada e compactada, em amostra indeformada extraída por sonda rotativa:	
01	Densidade aparente
01	Resistência a Tração por Compressão Diametral
<p>Nota 1: paralelamente aos ensaios de extração de betume pelo método de centrifugação são realizados a cada 3.000 t de massa produzida, um ensaio de extração segundo ASTM D-2172 – método B para ajuste de possíveis desvios no ensaio do Rotarex.</p> <p>Nota 2: os pontos de coleta de materiais por sonda rotativa obrigatoriamente devem coincidir com os pontos de coleta de amostras para ensaios de extração de ligante e RICE. Do material coletado por sonda rotativa devem ser calculadas as percentagens de vazios totais, vazios do agregado mineral e relação betume/vazio.</p> <p>Nota 3: para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho com medidas de deflexão (DNER-ME 24) em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.</p>	

8. CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao DER/PR, quando julgar necessário, a realização aleatória dos testes e ensaios previstos no item 7 para comprovar os resultados obtidos pela executante, bem como formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço.

8.2 Compete exclusivamente ao DER/PR efetuar o controle geométrico que consiste na verificação de larguras, extensões e espessuras para determinação das quantidades executadas por unidade de serviço.

8.3 A espessura da camada deve ser medida a cada 200 m, por extração de corpos-de-prova na pista ou pelo nivelamento do eixo e dos bordos antes e depois do espalhamento e compactação da mistura.

8.3.1 A verificação dos alinhamentos do eixo e bordos nas diversas seções correspondentes às estacas da locação é feita à trena.

8.4 Verificação final da qualidade – acabamento e segurança

8.4.1 O acabamento da superfície deve ser verificado em todas as faixas de tráfego com “aparelho medidor de irregularidade tipo resposta”, devidamente calibrado (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182), ou por sistemas a laser desde que aceitos e aprovados pelo DER/PR. Os resultados de irregularidade longitudinal devem ser integrados a lances de 200 m.

8.4.2 A macrotextura é avaliada pelo ensaio de mancha de areia à razão de uma determinação a cada 500 m de faixa. Opcionalmente, os ensaios de mancha de areia podem ser substituídos, a critério do DER/PR, por medições a laser em panos de 20 m situados a cada 500 m de faixa.

8.4.3 Medições indiretas de atrito com o pêndulo britânico (ASTM-E 303) devem ser efetuadas nos mesmos locais de avaliação indicados para a macrotextura.

9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

9.1 Aceitação dos materiais

9.1.1 O cimento asfáltico modificado com adição de borracha de pneus recebido no canteiro é aceito, desde que atendidos os seguintes requisitos:

- a) os resultados dos ensaios de controle de qualidade do CAP constantes no certificado emitido pelo distribuidor (item 4.3 Condições Gerais), devem ser julgados satisfatórios.

9.1.2 Os agregados graúdo, miúdo e o filler utilizados, são aceitos desde que atendidas as seguintes condições:

- a) o agregado graúdo atenda aos requisitos desta especificação no que tange à abrasão Los Angeles, durabilidade e percentagem de grãos defeituosos;
- b) o agregado miúdo deve atender aos requisitos desta especificação no que se refere aos ensaios de equivalente de areia e durabilidade;
- c) o filler (cal hidratada CH-I) deve apresentar-se seco, sem grumos, e enquadrado na granulometria especificada.

9.2 Aceitação da execução

9.2.1 Temperatura

9.2.1.1 A produção da mistura asfáltica com asfalto borracha é aceita quando as temperaturas medidas na linha de alimentação do cimento asfáltico com adição de borracha efetuado ao longo do dia de produção estiverem situadas na faixa desejável, definida em função da curva "viscosidade x temperatura" do ligante empregado. Constantes variações ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável, indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção providenciando-se os necessários ajustes.

9.2.2 Quantidade de ligante e graduação da mistura de agregados

9.2.2.1 A quantidade de cimento asfáltico modificado por adição de borracha obtida pelos ensaios de extração, em amostras individuais, não deve variar, em relação ao teor de projeto, de mais do que 0,3%, para mais ou para menos.

9.2.2.2 Durante a produção, a granulometria da mistura pode sofrer variações em relação à curva de projeto, respeitadas as seguintes tolerâncias e os limites da faixa granulométrica adotada conforme quadro a seguir:

Peneira		%Passando, em Peso
ASTM	mm	
3/8" a 1 1/2"	9,5 a 38,1	± 7
nº 40 a nº 4	0,42 a 4,8	± 5
nº 80	0,18	± 3
nº 200	0,074	± 2

9.2.3 Características Marshall da mistura

9.2.3.1 Os valores de percentual de vazios, vazios do agregado mineral, relação betume-vazios, resistência a tração por compressão diametral devem atender ao prescrito no subitem 5.2.2.1.

9.2.3.2 A eventual ocorrência de valores que não atendam ao especificado, resulta na não aceitação do serviço. As deficiências devem ser corrigidas mediante ajustes racionais na formulação do traço e/ou no processo executivo.

9.2.4 Os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no item 9.5.1, devem estar no intervalo de 97% a 101%.

9.2.5 A camada de concreto asfáltico com asfalto borracha é aceita se as medidas de deflexão forem inferiores à deflexão máxima admissível de projeto para o tipo da camada.

9.3 Aceitação do controle geométrico

9.3.1 Os serviços executados são aceitos desde que atendidas as seguintes condições:

a) a largura da plataforma não deve ser menor que a prevista para a camada;

b) espessura da camada acabada:

b.1) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = \bar{X} - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

Onde:

$N \geq 9$ (nº de determinações efetuadas)

- b.2) a espessura média determinada estatisticamente deve situar-se no intervalo de $\pm 5\%$, em relação à espessura prevista em projeto;
- b.3) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de $\pm 10\%$, em relação à espessura prevista em projeto.
- c) eventuais locais em que se constate deficiência de espessura são objeto de amostragem complementar, com novas extrações de corpos de prova com sonda rotativa. As áreas deficientes, devidamente delimitadas, devem ser reforçadas, às expensas da executante.

9.4 Aceitação do acabamento e das condições de segurança

9.4.1 O serviço é aceito desde que atendidas as seguintes condições:

- a) as juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências indesejáveis;
- b) a superfície apresente-se desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compressão;
- c) os valores do Índice Internacional de Irregularidade - IRI devem ser de no máximo 2,7 m/km;
- d) os valores da altura de areia (HS) obtidos com o ensaio de mancha de areia devem ser igual $0,60 \text{ mm} \leq HS \leq 1,20 \text{ mm}$ para análises estatísticas;
- e) os valores de resistência à derrapagem (VRD) obtidos com o pêndulo britânico devem ser igual a $VRD \geq 45$.

9.4.2 No caso de trechos rodoviários que recebam solução de conservação preventiva periódica, os valores admissíveis para o índice internacional de irregularidade (IRI) são de, no máximo 4,0 m/km para valores individuais e 3,5 m/km para análises estatísticas, conforme definido no Manual de Gerência de Pavimentos – DNIT.

9.5 Condições de conformidade e não conformidade

9.5.1 Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios descritos na sequência.

9.5.1.1 Quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto}$: não conformidade;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$:

conformidade;

Sendo:

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

Onde:

x_i – valores individuais;
 \bar{X} – média da amostra;
 s – desvio padrão;
 k – adotado o valor 1,25;
 n – número de determinações, no mínimo 9.

9.5.1.2 Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $\bar{X} - ks <$ valor mínimo especificado: não conformidade;
 Se $\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo especificado: conformidade.

9.5.1.3 Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se $\bar{X} + ks >$ valor máximo especificado: não conformidade;
 Se $\bar{X} + ks \leq$ valor máximo especificado: conformidade.

9.5.2 Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às condições desta especificação.

9.5.3 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.5.4 Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas estiverem em conformidade com o disposto nesta especificação.

10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 O serviço de concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha, executado e recebido na forma descrita, é medido pela determinação da massa de mistura aplicada e compactada, expressa em toneladas, fazendo-se distinção em relação à função da camada (rolamento, intermediária ou reperfilagem).

10.2 Para o caso de reperfilagem, a determinação da massa aplicada é efetuada com base na pesagem dos caminhões na saída da usina, em balança periodicamente aferida, e sob o devido controle de um técnico do DER/PR.

10.3 Para camada de rolamento ou intermediária, a medição da massa aplicada é

efetuada pelo produto dos volumes executados pela massa específica aparente média \bar{X} da mistura aplicada na pista. No cálculo dos volumes considera-se, obedecidas as tolerâncias especificadas, para cada segmento, sua extensão, a largura média da plataforma tratada e a espessura média \bar{X} da camada aplicada, a qual não podem superar à espessura de projeto.

11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, que representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.

11.3 O preço unitário está sujeito a nova composição baseada no traço aprovado pelo DER/PR.

11.4 O teor de ligante a ser considerado deve ser igual à média estatística dos teores de ligante obtidos por meio da extração de betume das massas aplicadas.