



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

Avenida Iguaçu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
Fax (41) 3304 8130
www.pr.gov.br/transportes

DER/PR ES-P 21/05

PAVIMENTAÇÃO: CONCRETO ASFÁLTICO USINADO À QUENTE

Especificações de Serviços Rodoviários

Aprovada pelo Conselho Diretor em 09/05/2005

Deliberação n.º 086/2005

Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 21/91

Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavras-chave: revestimento; 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. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/05.

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 do serviço em epígrafe, tendo como base a especificação DER/PR ES-P 21/91 e as referências técnicas de aplicações recentes realizadas no país.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na seleção do produto e sua aplicação em camadas de revestimento, recapeamento ou reperfilagem de pavimentos rodoviários em obras sob a jurisdição do DER/PR.

2 REFERÊNCIAS

AASHTO-283/89	- Determinação da resistência de misturas betuminosas compactadas aos danos induzidos pela umidade;
AASHTO T 209-99	- Theoretical Maximum Specific Gravity and Density of Bituminous Paving Mixtures (Ensaio Rice);
ABNT NBR-5847/01	- Determinação da viscosidade absoluta;
ABNT NBR-6560/00	- Materiais betuminosos – determinação de ponto de amolecimento;
ABNT NBR 14736/01	- Efeito do calor e do ar (ASTM-D 1754: Efeito do calor e do ar);
ASTM 2196/99	- Viscosidade Brookfield ;
ASTM-D 2172	- método B: Ensaio de extração por refluxo;
ASTM-D 2872	- RTFOT – Rolling Thin Film Oven Test ;
ASTM-E 303/93	- Surface Frictional Properties Using the British Pendulum Tester ;
DNER-EM 204/95	- Cimentos asfálticos de petróleo;
DNER-ME 003/94	- Materiais betuminosos – determinação da penetração;
DNER-ME 004/94	- Materiais betuminosos – determinação da viscosidade “ Saybolt-furol ” a alta temperatura (ABNT-NBR 14950/03);
DNER-ME 024/94	- Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman
DNER-ME 035/98	- Agregados – determinação da abrasão “ Los Angeles ”;
DNER-ME 043/95	- Misturas betuminosas a quente – ensaio Marshall ;
DNER-ME 053/94	- Misturas betuminosas – percentagem de betume;
DNER-ME 054/97	- Equivalente de areia;
DNER-ME 055/95	- Areia – determinação de impurezas orgânicas;
DNER-ME 078/94	- Agregado graúdo – adesividade a ligante betuminoso;
DNER-ME 083/98	- Agregados – análise granulométrica;
DNER-ME 089/94	- Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
DNER-ME 117/94	- Mistura betuminosa – determinação da densidade aparente;
DNER-ME 138/94	- Misturas betuminosas – determinação da resistência a tração por compressão diametral;
DNER-ME 148/94	- Material betuminoso – determinação dos pontos de fulgor e combustão (vaso aberto Cleveland - ABNT-NBR 11341/04);
DNER-PRO 164/94	- Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade

- de superfície do pavimento (Sistemas Integradores - IPR/USP e **Maysmeter**);
- DNER-PRO 182/94 - Medição de irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores - IPR/USP e **Maysmeter**;
- DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- DNIT 011/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias;
- DNIT 068/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias – procedimento;
- Norme Française – NF P-98-216: Determination de la macrotexture Partie 1-99 Determination de hauteur au sable;**
- Norme Française – NF P-98-253: Déformation permanente des mélanges hydrocrabonés;**
- Manual de Execução de Serviços Rodoviários – DER/PR;
- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR;
- Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR;
- Regulamento técnico ANP 03/2005: Cimento asfáltico de petróleo.

3 DEFINIÇÕES

3.1 Concreto asfáltico usinado a quente (CAUQ) é uma mistura asfáltica executada em usina apropriada, composta de agregados minerais e cimento asfáltico de petróleo, espalhada e comprimida a quente.

3.2 De acordo com a posição relativa e a função na estrutura, a mistura de concreto asfáltico deve atender as características especiais em sua formulação, recebendo geralmente as designações a seguir apresentadas.

- 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. A este respeito, observar as recomendações contidas no Manual de Execução.
- 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": serviço executado com massa asfáltica de graduação fina, com a função de corrigir deformações ocorrentes na superfície de um antigo revestimento e, simultaneamente, promover a selagem de fissuras existentes.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação:

- a) sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua 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 aprovação prévia pelo DER/PR, do projeto de dosagem da mistura;
- e) quando a temperatura ambiente for igual ou inferior a 10°C;
- f) em dias de chuva.

4.2 Todo carregamento de ligante betuminoso, que chegar à obra, deve apresentar o certificado de resultados de análise correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a fonte de produção e o canteiro de serviço.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

5.1.1 Materiais asfálticos: é recomendado o emprego de cimento asfáltico de petróleo do tipo CAP-20 ou CAP-55, atendendo a especificação DNER-EM 204/95, ou cimentos asfálticos dos tipos CAP 30-45, CAP 50-70 ou CAP 85-100, atendendo ao Regulamento Técnico ANP 03/2005. 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.

5.1.2 Agregados

- a) 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.1) quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 89/94), os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores a 12%;
 - a.2) a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) não deve ser superior a 45%. Aspectos particulares relacionados a valores típicos para as perdas neste ensaio, são abordados no Manual de Execução;
 - a.3) a percentagem de grãos de forma defeituosa, determinada no ensaio de lamelaridade descrito no Manual de Execução, não pode ultrapassar a 25%;

- a.4) no caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada pela britagem.
- b) 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:
 - b.1) as perdas no ensaio de durabilidade (DNER-ME 89/94), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, devem ser inferiores a 15%;
 - b.2) o equivalente de areia (DNER-ME 54/97) de cada fração componente do agregado miúdo (pó-de-pedra e/ou areia) deve ser igual ou superior a 55%;
 - b.3) é vedado o emprego de areia proveniente de depósitos em barrancas de rios;
 - b.4) impurezas orgânicas inferiores a 300 p.p.m. (DNER-ME 055/95).
- c) Material de enchimento (“filler”), quando da aplicação deve estar seco e isento de grumos, constituído, necessariamente, por cal hidratada calcítica tipo CH-1, atendendo à seguinte granulometria (DNER-ME 083/98):

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

5.1.3 Melhorador de adesividade: o uso recomendado de cal hidratada calcítica tipo CH-1, como material de enchimento, deve suprimir a necessidade de incorporação de aditivo misturador de adesividade (dope) ao ligante betuminoso. Excepcionalmente, o DER/PR pode aceitar o uso de dope incorporado ao ligante, como alternativa ao emprego da cal hidratada, desde que seja comprovada a sua eficiência através do ensaio a danos por umidade induzida (AASHTO 283/89), com razão de resistência à tração por compressão diametral estática superior a 0,7.

5.2 Composição da mistura: deve satisfazer aos requisitos do quadro a seguir, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria (DNER-ME 083/98) e ao percentual do ligante betuminoso determinado pelo projeto.

Peneira de malha quadrada		Porcentagem 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"	24,40	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

- A faixa utilizada deve apresentar diâmetro máximo inferior a 2/3 da espessura da camada asfáltica.
- No projeto da curva granulométrica para camada de revestimento, deve ser considerada a segurança do usuário, atendendo-se aos padrões de aderência contidos nesta especificação.
- Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deve ser inferior a 4% do total.

5.2.1 Dosagem e características da mistura

- Deve ser adotado o ensaio **Marshall** para dosagem de misturas betuminosas (DNER-ME 043/95), para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, complementado com os ensaios de resistência à tração por compressão estática (DNER-ME 138/94) a 25°C, atendendo-se aos seguintes valores:

Ensaio	Característica	Camada de rolamento	Camada de ligação
DNER-ME 043/95	Porcentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
DNER-ME 043/95	Relação betume/vazios	70 - 82	65 - 75
DNER-ME 043/95	Estabilidade, mínima	850kgf	700kgf
DNER-ME 043/95	Fluência, mm	2,0 – 4,0	2,5 – 3,5
DNER-ME 138/94	Resistência à tração por compressão diametral estática a 25°C, MPa	0,65 (mínima)	0,65 (mínima)
-	Relação finos/betume	0,8 – 1,2	0,6 – 1,2

- As condições de vazios da mistura na fase de dosagem devem ser verificadas a partir da determinação da densidade máxima teórica pelo método de Rice (AASHTO T 209-99).

- c) No caso de utilização de misturas asfálticas para camada de rolamento, os vazios do agregado mineral (%VAM), definidos em função do diâmetro máximo do agregado empregado, devem atender aos seguintes valores mínimos:

Diâmetro máximo		% VAM, mínimo
ABNT	mm	
1 ½"	38,1	13
1"	25,4	14
¾"	19,1	15
½"	12,7	16
⅜"	9,5	18

- d) Em caso de previsão no projeto de solicitação pelo 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 pelo uso de equipamento "Orniéreur" do LCPC. Necessariamente, a deformação permanente deve ser medida a 30, 100, 1000, 3000, 10000 e 30000 ciclos e a temperatura de 60° C, com frequência de 1 Hz. 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 seu início.

5.3.2 Depósitos 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:

- o aquecimento deve ser efetuado por meio de serpentinas a vapor, óleo, eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto de chamas com o depósito;
- o sistema de circulação do cimento asfáltico deve garantir a circulação desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação;
- todas as tubulações e acessórios devem ser dotados de isolamento térmico, a fim de evitar perdas de calor;
- a capacidade dos depósitos de cimento asfáltico deve ser suficiente para o atendimento de, no mínimo, três dias de serviço.

5.3.3 Depósitos para agregados (silos)

- Os silos devem ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações dos agregados.
- Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga, passíveis de regulagem.

- c) O sistema de alimentação deve ser sincronizado, de forma a assegurar a adequada proporção dos agregados frios e a constância da alimentação.
- d) O material de enchimento ("filler") é armazenado em silo apropriado, conjugado com dispositivos que permitam a sua dosagem.
- e) Em conjunto, a capacidade de armazenamento dos silos deve ser, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador.
- f) Com relação às condições de armazenamento do material de enchimento ("filler"), reportar-se ao Manual de Execução.

5.3.4 Usinas para misturas asfálticas

- a) A usina utilizada deve apresentar condições de produzir misturas asfálticas uniformes, devendo ser totalmente revisada e aferida em todos os seus aspectos antes do início da produção. Preferencialmente, são empregadas usinas gravimétricas. Detalhes a este respeito e ao emprego de outros tipos de usinas são abordados no Manual de Execução.
- b) A usina empregada deve ser equipada com unidade classificadora de agregados após o secador, a qual distribui o material para os silos quentes.
- c) 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 através do emprego de pesos - padrão. São necessários, no mínimo, 10 (dez) pesos padrão, cada qual com $25 \text{ kgf} \pm 15 \text{ gf}$.
- d) O sistema de coleta do pó deve ser comprovadamente eficiente, a fim de minimizar os impactos ambientais. O material fino coletado deve ser devolvido, no todo ou em parte, ao misturador.
- e) 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.
- f) A usina deve ser equipada com os seguintes sistemas de controle de temperatura:
 - f.1) um termômetro de mercúrio, com escala em "dial", pirômetro elétrico ou outros instrumentos termométricos adequados, colocados na descarga do secador e em cada silo quente, para registrar a temperatura dos agregados;
 - f.2) 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.
- g) Especial atenção deve ser conferida à segurança dos operadores da usina, particularmente no que tange à eficácia dos corrimões das plataformas e escadas, à proteção de peças móveis e à área de circulação dos equipamentos de alimentação de silos e transporte da mistura.

5.3.5 Caminhões para transporte da mistura: o transporte da mistura asfáltica deve ser efetuado através de caminhões basculantes com caçambas metálicas.

5.3.6 Equipamento para distribuição

- a) 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.
- b) 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.
- c) A acabadora deve possuir, ainda:
 - c.1) sistema composto por parafuso-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;
 - c.2) sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para a frente e para trás;
 - c.3) alisadores, vibradores e dispositivos para seu aquecimento à temperatura especificada, de modo que não haja irregularidade na distribuição da massa;
 - c.4) sistema de nivelamento eletrônico.
- d) A distribuição da massa asfáltica destinada a camadas de reperfilagem, pode ser executada pela ação de motoniveladora, 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

- a) A compressão da mistura asfáltica é efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso tandem, ambos autopropelidos.
- b) O rolo de pneumáticos deve ser dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 2,5 a 8,4 kgf/cm² (35 a 120 psi). É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida.
- c) O rolo compressor de rodas metálicas lisas tipo tandem deve ter peso compatível com a espessura da camada.
- d) 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.

- e) 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 e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento “Informações e Recomendações de Ordem Geral”, procedimentos a serem obedecidos pela executante e pelo DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento experimental.

5.4.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender o projeto de dosagem e valores e limites definidos nesta Especificação, 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 por desempenho insatisfatório quanto à quantidade de ligante asfáltico e aos limites especificados nos ensaios, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

5.4.5 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 através de nova calibração e aplicação de CAUQ sobre a superfície do segmento experimental originalmente executado.

5.4.6 Preparo da superfície

- a) A superfície que receber a camada de concreto asfáltico deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.
- b) Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.
- c) A pintura de ligação deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência, quando da execução do concreto asfáltico. Se necessário, nova pintura de ligação deve ser aplicada, previamente à distribuição da mistura.

- d) No caso de desdobramento da espessura total de concreto asfáltico em duas camadas, a pintura de ligação entre estas pode ser dispensada, se a execução da segunda camada ocorrer logo após à execução da primeira.

5.4.7 Produção do concreto asfáltico

- a) O concreto asfáltico deve ser produzido em usina apropriada, atendendo aos requisitos apresentados no item 5.3.4 desta especificação. A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.
- b) A temperatura de aquecimento do cimento asfáltico empregado deve ser, necessariamente, determinada em função da relação temperatura x viscosidade do ligante. A temperatura mais conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta viscosidade Saybolt-Furol na faixa de 75 a 95 segundos, admitindo-se, no entanto, viscosidade situada no intervalo de 75 a 150 segundos.
- c) Não é permitido o aquecimento do cimento asfáltico acima de 177°C.
- d) 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, desde que não supere a 177°C.
- e) A produção do concreto asfáltico e a frota veículos de transporte devem assegurar a operação contínua da vibroacabadora.

5.4.8 Transporte do concreto asfáltico

- a) O concreto asfáltico produzido é transportado da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes atendendo ao especificado em 5.3.5.
- b) A aderência da mistura às chapas da caçamba é evitada mediante a aspersão prévia de solução de cal (uma parte de cal para três de água) ou água e sabão. Em qualquer caso, o excesso de solução deve ser retirado, antes do carregamento da mistura, basculando-se a caçamba.
- c) As caçambas dos veículos devem ser cobertas com lonas impermeáveis 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.

5.4.9 Distribuição da mistura

- a) A temperatura da mistura, no momento da distribuição, não deve ser inferior a 120°C.
- b) Para o caso de emprego de concreto asfáltico como camada de rolamento ou de ligação, a mistura deve ser distribuída por uma ou mais acabadoras, atendendo aos requisitos anteriormente especificados.

- c) Deve ser assegurado, previamente ao início dos trabalhos, 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.
- d) Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas devem ser corrigidas de imediato, pela adição manual de massa, sendo o espalhamento desta efetuado por meio de ancinhos e/ou rodos metálicos. Esta alternativa deve ser, no entanto, minimizada, já que o excesso de reparo manual é nocivo à qualidade do serviço.
- e) Para o caso de distribuição de massa asfáltica de graduação "fina" em serviços de reperfilagem, é empregada vibroacabadora. A este respeito, reportar-se ao Manual de Execução.

5.4.10 Compressão

- a) A compressão da mistura asfáltica tem início imediatamente após a distribuição da mesma.
- b) A fixação da temperatura de rolagem está condicionada à natureza da massa e às características do equipamento utilizado. 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.
- c) A prática mais freqüente de compactação de misturas asfálticas densas usinadas a quente contempla o emprego combinado de rolo de pneumáticos de pressão regulável e rolo metálico tandem de rodas lisas, de acordo com as seguintes premissas:
 - c.1) inicia-se a rolagem com o rolo de pneumáticos atuando com baixa pressão;
 - c.2) à medida que a mistura for sendo compactada, e com o conseqüente crescimento de sua resistência, seguem-se coberturas do rolo de pneumáticos, com incremento gradual da pressão;
 - c.3) a compactação final é efetuada com o rolo metálico tandem de rodas lisas, quando então a superfície da mistura deve apresentar-se bem desempenada;
 - c.4) o número de coberturas de cada equipamento é definido experimentalmente, de forma a se atingir as condições de densidade previstas, enquanto a mistura se apresentar com trabalhabilidade adequada.
- d) As coberturas dos equipamentos de compressão utilizados devem atender às seguintes orientações gerais:
 - d.1) 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;

- d.2) em cada passada, o equipamento deve recobrir, ao menos, a metade da largura rolada na passada anterior.
- e) A compressão através do emprego de rolo vibratório de rodas lisas, quando admitida pelo DER/PR, deve ser testada experimentalmente, na obra, de forma a permitir a definição dos parâmetros mais apropriados à sua aplicação (número de coberturas, frequência e amplitude das vibrações). As regras clássicas de compressão de misturas asfálticas, anteriormente estabelecidas, permanecem no entanto inalteradas.
- f) As espessuras máximas de cada camada individual, após compressão, devem ser definidas 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.

5.4.11 O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deve assegurar adequadas condições de acabamento (vide Manual de Execução).

5.4.12 A camada de concreto asfáltico recém-acabada somente deve ser liberada ao tráfego após o seu completo resfriamento.

6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Para execução de revestimento betuminoso, do tipo concreto asfáltico usinado a quente, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de ligante asfálticos e agregados, além da instalação de usina dosadora e misturadora.

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

6.3 Agregados

6.3.1 No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras, devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) a brita e a areia somente são aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) deve ser apresentada a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;
- c) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;

- e) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- f) 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.

6.4 Ligantes asfálticos

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

6.4.2 Vedar o refugo de materiais usados à beira da estrada ou em outros locais onde possam causar prejuízos ambientais.

6.5 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 lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.

6.5.1 Em função destes agentes, devem ser obedecidos os seguintes princípios:

- a) Quanto à instalação
 - a.1) Atribuir à contratante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação e operação do empreendimento.
 - a.2) Atribuir à executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação para canteiro de obra, depósitos e pedreira industrial, quando for o caso.

- a.3) Impedir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200m (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.
- a.4) Recuperar a área afetada pelas operações de construção e execução, mediante a remoção da usina, dos depósitos e a limpeza do canteiro de obras.
- b) Quanto à operação
 - b.1) 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.2) Apresentar junto com o projeto para obtenção de licença, resultados de medições em chaminés que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto, para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental.
 - b.3) Dotar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.
 - b.4) Enclausurar a correia transportadora de agregado frio. Adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera.
 - b.5) 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 a realização de 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 As quantidades de ensaios para controle interno de execução referem-se às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, serem ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 O controle interno de qualidade do material consta, no mínimo, dos ensaios apresentados nos Quadros 1, 2, 3 e 4, apresentados a seguir.

Quadro 1 - Cimento asfáltico de petróleo	
Quantidade	Descrição
Para todo carregamento que chegar à obra:	
01	Ensaio de viscosidade Saybolt-Furol
01	Ensaio de penetração a 25°C
01	Ensaio do ponto de fulgor
01	Ensaio de espuma a 175° C
Nota 1: Opcionalmente, no caso de cimentos asfálticos produzidos de acordo com o Regulamento Técnico ANP edição 2005, pode ser utilizado o controle rotineiro pelo viscosímetro rotacional portátil compatível com o viscosímetro Brookfield.	
Nota 2: A cada 10 carregamentos, são executados ensaios de viscosidade Saybolt Furol, a várias temperaturas, que permitam o traçado da curva "viscosidade-temperatura". (Sugere-se três pontos: 135°, 150° e 177°C).	

Quadro 2 - Agregados	
Quantidade	Descrição
a) Para cada 500 t de mistura produzida:	
01	Ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo
02	Ensaio de granulometria do agregado de cada silo quente
b) Para cada 1200 t de mistura produzida:	
01	Ensaio de granulometria do “filler”
c) No início da obra e sempre que houver alteração mineralógica na bancada da pedreira:	
01	Ensaio de desgaste Los Angeles
01	Ensaio de lamerlidade (ver Manual de Execução DER/PR)
01	Ensaio de durabilidade
01	Ensaio de degradação produzida pela umidade

Quadro 3 – Controle de produção	
Quantidade	Descrição do ensaio
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

Quadro 4 – Controle de execução na pista	
Quantidade	Descrição do ensaio
Espalhamento e compactação:	
02	Temperatura em cada caminhão que chega na pista, 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 de mistura
01	Granulometria da mistura de agregados, resultante da extração de betume
Para cada 2000 t de mistura produzida, imediatamente após a passagem da acabadora:	
01	Ensaio Marshall com determinação de estabilidade e fluência
Para cada 100 t de mistura produzida compactada, em amostra indeformada extraída por sonda rotativa:	
01	Densidade aparente de corpo de prova
Nota 1: Paralelamente aos ensaios de extração de betume pelo método de centrifugação são realizados a cada 6000 t de massa produzida, três ensaios de extração por refluxo (ASTM D-2172 – método B), para ajuste de possíveis desvios no ensaio do Rotarex.	
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 betume e Marshall. Do material coletado por sonda rotativa, devem ser calculadas as percentagens de vazios totais, vazios do agregado mineral e relação betume/vazio.	
Nota 3: Para qualquer tipo de camada deve ser verificado seu bom desempenho através de 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.	

8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.

8.3 Compete exclusivamente ao DER/PR efetuar o controle geométrico, que consiste na realização das seguintes medidas:

8.3.1 Espessura da camada: deve ser medida a espessura, no máximo a cada 100m, 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.

8.3.2 Alinhamentos: 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

8.4.1 Acabamento e segurança

- a) O acabamento da superfície deve ser verificado, em todas as faixas de tráfego, por “aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta”, devidamente calibrados (DNER-PRO 164/94 e DNER-PRO 182/94), ou por sistemas a laser, desde que devidamente aceitos e aprovados pelo DER/PR. Os resultados de irregularidade longitudinal devem ser integrados a lances de 200m.
- b) A macrotextura é avaliada, à razão de uma determinação a cada 500 m de faixa, pelo ensaio de mancha de areia. 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.
- c) Medições indiretas de atrito, com o pêndulo britânico (ASTM-E 303/93), 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 recebido no canteiro é aceito, desde que atendidos os seguintes requisitos:

- a) os valores de viscosidade, penetração e ponto de fulgor, estejam de acordo com os valores especificados;
- b) o material não produza espuma, quando aquecido a 175°C;

- c) os resultados dos ensaios de controle de qualidade do CAP, previstos na especificação adotada, sejam julgados satisfatórios.

9.1.2 Agregados e “filler”: o agregado graúdo, o agregado 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 atenda aos requisitos desta especificação no que se refere aos ensaios de equivalente de areia e durabilidade;
- c) o "filler" (cal hidratada CH-1) apresente-se seco, sem grumos, e enquadrado na granulometria especificada.

9.1.3 Verificação da adesividade

- a) A verificação das condições de adesividade do ligante aos agregados empregados é efetuada através do ensaio a danos por umidade induzida, admitindo-se como satisfatória uma razão de resistência à tração por compressão diametral superior a 0,7.
- b) Os ensaios de danos por umidade induzida são efetuados na fase de dosagem da mistura, sempre que forem constadas alterações na composição mineralógica dos agregados utilizados e, no mínimo a cada 20.000 t de mistura produzida.

9.2 Aceitação da execução

9.2.1 Temperaturas

- a) A produção da mistura asfáltica é aceita, com vistas ao controle de temperatura, se:
 - a.1) as temperaturas medidas na linha de alimentação do cimento asfáltico, efetuado ao longo do dia de produção, encontrarem-se 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;
 - a.2) temperaturas do cimento asfáltico superiores a 177°C ou dos agregados superiores a 177°C, implicam na rejeição da massa produzida;
 - a.3) temperaturas de cimento asfáltico inferiores a 120°C, ou dos agregados inferiores a 125°C, igualmente implicam na condenação do "traço" produzido.
- b) A massa asfáltica chegada à pista é aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:
 - b.1) a temperatura medida no caminhão não for menor do que o limite inferior da faixa de temperatura prevista para a mistura na usina, menos 15°C, e nunca inferior a 120°C;

- b.2) a temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propicie adequadas condições de compressão tendo em vista o equipamento e processo utilizados, e o grau de compactação objetivado.

9.2.2 Quantidade de ligante e graduação da mistura de agregados

- a) A quantidade de cimento asfáltico 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.
- b) 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.

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

- a) Os valores de % de vazios, vazios do agregado mineral, relação betume-vazios, estabilidade e fluência Marshall, devem atender ao prescrito em 5.2.1 "a".
- b) 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 Compressão: 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 é aceita se as medidas de deflexão são 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, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) quanto à largura da plataforma: não são admitidos valores inferiores aos previstos para a camada;
- b) quanto à espessura da camada acabada:

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

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

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 regiões em que se constate deficiência de espessura são objeto de amostragem complementar, através de 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, sob o ponto de vista de acabamento e segurança, 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) sejam no máximo 2,8 m/km para valores individuais e 2,5 m/km para análises estatísticas;
- d) os valores da altura de areia (HS) obtidos com o ensaio de mancha de areia sejam $HS \geq 0,40$ mm para valores individuais e $0,40 \text{ mm} \leq HS \leq 1,20$ mm para análises estatísticas;
- e) os valores de resistência à derrapagem (VRD) obtidos com o pêndulo britânico sejam $VRD \geq 40$ para valores individuais e $45 \leq VRD \leq 75$ para análises estatísticas.

9.4.2 No caso de trechos rodoviários que recebam solução de conservação preventiva periódica, conforme definido no Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do extinto DNER (1998), os valores admissíveis para o índice internacional de irregularidade (IRI) são, no máximo, de 4,0 m/km para valores individuais e 3,5 m/km para análises estatísticas.

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 a seguir descritos.

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

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

Sendo:

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

Onde:

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

- b) Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

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

- c) Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

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

9.5.2 Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições 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 colocarem-no em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

10.1 O serviço de concreto asfáltico, 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 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 X da camada aplicada, esta última não podendo 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, o qual 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.